

Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com

Chiapas 2010

CHISAJ2010

<http://chiapas.academiajournals.com>

ISSN 1946-5351 Online 1948-2353 CD ROM



VOLUMEN III

Ingeniería

Ingeniería de Alimentos

Ingeniería Agrícola

Ingeniería Civil

Educación en la Ingeniería

Ingeniería Eléctrica

Ingeniería Mecánica

INDICE DE PONENCIAS POR APELLIDO DEL PRIMER AUTOR

ANDRADE	Principales condicionantes de la planeación urbana y el ordenamiento territorial en Chiapas	Mtro. Víctor Hugo Andrade Martínez	15
CABRERA	Efecto del manejo de residuos agrícolas en lombrices de tierra (Oligochaeta) en suelos de origen volcánico, Chile	J. Alonso M. Cabrera e Iván R. Vidal	10
CALVO	Modelado por método de elemento finito de un canal parabólico	Francisco D. Calvo López y Eduardo Lebano Pérez	132
CHAVEZ GUZMAN	DESARROLLO DE UN MODULO DIDÁCTICO BASADO EN UN CONTROL DE POSICIÓN, MEDIANTE CONTROL DIGITAL EN TIEMPO REAL	Carlos Alberto Chávez Guzmán y José Jaime Esqueda Elizondo	92
GARCIA VALENZUELA	LA TECNOLOGÍA INFORMÁTICA APLICADA EN LA INGENIERÍA PARA UNA COMUNIDAD DE APRENDIZAJE COLABORATIVO	MTRA. VERÓNICA GARCÍA VALENZUELA, DR. ENRIQUE A.MORALES GONZÁLEZ, M.C. LUIS HÉCTOR PORRAS BELTRÁN	20
DE LA GARZA	Combustible para el cuerpo: bebidas energéticas	Diana De la Garza Gamboa y M. C. José Humberto Castañón González	74
GONZALEZ HERRERA	Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del centro de Tuxtla Gutiérrez	Dr. Raúl González Herrera	25
HERNANDEZ DE LEON	Caracterización del proceso de obtención de Biodiesel por abstracción de información	Dr. Héctor Hernández De León, Dr. Jorge Camas Anzueto, Dr. Nicolás Juárez Rodríguez y Dr. Arnulfo Rosales Quintero	98
LEYVA	REGIONES SISMOGENICAS DE MAYOR PELIGRO SISMICO PARA EL ESTADO DE VERACRUZ	MI Regino Leyva Soberanis, MI Francisco Williams Linera, MI Guadalupe Riquer Trujillo	78
LOPEZ ESTRADA	Identificación de Sistemas SISOs aplicado a un sistema de transferencia de calor	Francisco Ronay López Estrada, Aldo Esteban Aguilar, Nestor A. Morales, Aymer Díaz S. y Jorge Luis Camas Anzueto	105
MAESTRE	Uso de las tecnologías de la información en el proceso de enseñanza en las carreras de ingeniería	MC. Juan Rodolfo Maestre Rendón, MC. Alejandro Pérez Pasten Borja, MC. Ismaylia Saucedo Ugalde y MC. Alberth Josué Sapiens Pérez	126
MAYORGA	Valoración de Enfermedades Respiratorias Basada en Modelación Acústica	Pedro Mayorga Ortiz, Chistopher Druzgalski, O.Hugo González Arriaga, Morelos Raúl Ludwig y Jorge Vidales Torres	112
MEDINA SANTIAGO	Desarrollo de Software Mediante Abstracciones Gráficas	Dr. Alejandro Medina Santiago, Dr. Madain Pérez Patricio, Dr. Jorge Luis Camas Anzueto y M. en C. Eva Valdez Alemán	32
MORENO BALLINAS	APLICACIÓN DE DINÁMICA INVERSA DE MANIPULADOR PARALELO POR EL PRINCIPIO DEL TRABAJO VIRTUAL	Moreno Ballinas Walter, Vega Rivera Miguel Ángel, Rodríguez Castro Ramón, José Felipe Peláez Polo	151
OVANDO	Estudio Numérico de la Dinámica de Fluidos en Canales con Entradas en Expansión de Flujo Secundario	Dr. Guillermo Efrén Ovando Chacón, Dra. Sandy Luz Ovando Chacón, Dr. Juan Carlos Prince Avelino y Dr. Alberto Servin Martínez	138
RAMIREZ Z CALIDAD ZAPATO	MODELO DE CALIDAD PARA LA MEDIANA INDUSTRIA DEL CALZADO DE LA CIUDAD DE LEON, GTO. BASADO EN LA NORMA ISO 9001-2000	M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero, Álvaro Sánchez Rodríguez, M. González Valadéz y T. de la Garza	51
RAMIREZ Z CURTIDORA	Modelo General de seguimiento de un sistema de Gestión de Calidad, basado en la Norma ISO 9001 - 2000 para la industria curtidora	M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero, Álvaro Sánchez Rodríguez, M. González Valadéz y A. Camacho	39

RAMIREZ Z LIBRO E	LIBRO ELECTRONICO DE TELEPROCESO Y REDES LOCALES	M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero , Álvaro Sánchez Rodríguez , M.González Valadéz y A. Camacho	47
RUIZ TORRES	Evaluación de confort térmico en clima cálido subhúmedo	Mtro. Raúl Pável Ruiz Torres, Dr. Gabriel Castañeda Nolasco, Mtro. José Luis Jiménez Albores	3
RUIZ VALENCIA	Biorremediación de cuerpos de agua contaminado con compuestos aromaticos	Ing Azariel Ruiz Valencia, Ing Crhstian Cisneros Pérez, MC José Humberto Castañón González	57
SANCHEZ R RUGOSAS	ESTUDIO COMPARATIVO DE MODELOS PARA PREDECIR VIBRACIONES POR CONTACTO EN SUPERFICIES RUGOSAS	Álvaro Sánchez Rodríguez, M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero, M.I. Benjamín Arroyo Ramírez y Dr. José Salvador Echeverría Villagómez	68
SANCHEZ RDZ. RUIDO	ESTUDIO RUIDO Y VIBRACIÓN EN JUNTAS HOMOCINÉTICAS TIPO RZEPPA PARA FLECHAS DE VELOCIDAD CONSTANTE	Álvaro Sánchez Rodríguez, M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero , M.I. Benjamín Arroyo Ramírez y M.I. Martín Caudillo Ramírez	62
VELAZQUEZ	Interfaz Gráfica para el Análisis, Diseño, Simulación y Control de Sistemas Lineales en Tiempo Continuo y Discreto	Jesús Ernesto Velázquez López, Francisco Ronay López Estrada, Odilio Orozco Magdaleno y Vicente León Orozco	119
VIDAL SANTO	Exploración de perfiles de temperatura en el subsuelo para aplicaciones de enfriamiento pasivo	Dr. Adrián Vidal Santo, Dr. Victor H. Gómez Espinoza, M.I.A. Josué Domínguez Márquez y M.C. Adrián Sánchez Vidal	145
WILLIAMS	Métodos de análisis de estructuras de mampostería: teórico y experimental	M.I. Francisco Williams Linera, M.I. Guadalupe Riquer Trujillo y M.I. Regino Leyva Soberanis	85

Evaluación de confort térmico en clima cálido subhúmedo

Raúl Pável Ruiz Torres Mtro.¹, Dr. Gabriel Castañeda Nolasco², Mtro. José Luis Jiménez Albores³

Resumen— Se expone los resultados de la comparación de la evaluación del confort térmico de una vivienda mediante tres parámetros: el modelo adaptativo de Humphreys y Nicol (2000), la zona de confort propuesta por Olgyay (1963) y la percepción de los involucrados de acuerdo al ISO 10551. El estudio se realizó en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez con condiciones de clima cálido subhúmedo. El objetivo es determinar la diferencia sobre los modelos utilizados y el estudio de campo. El método aplicado se basó en investigaciones realizadas por McCartney y Nicol (2001). Los resultados reafirman los principios del enfoque adaptativo, que muestra que las personas tienen diferentes preferencias de confort de acuerdo a las condiciones ambientales que experimentan y permitirá a futuro obtener parámetros de confort local para el diseño arquitectónico, orientado al ahorro energético y otros recursos.

Palabras claves— Confort térmico, enfoque adaptativo, clima cálido subhúmedo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el crear un ambiente térmicamente confortable en la edificación, es uno de los parámetros más importantes considerados al diseñar edificios, no solo para buscar una habitabilidad térmica de los habitantes, sino también para buscar reducir el consumo de energía en el edificio durante su periodo de vida. Investigaciones sobre el confort térmico realizadas por Nicol, J.F., y Humphreys, M.A. (2002) y González, Eduardo, y Bravo, Gaudy. (2003) en climas cálidos, demuestran que las personas que habitan en edificios naturalmente ventilados tienen una preferencia de confort por arriba de los estándares propuestos a nivel internacional, como es el caso del ISO Standard 7730, e inclusive de los propuestos con el enfoque adaptativo. Este trabajo se centrará en evaluar el confort térmico de una vivienda ubicada en Tuxtla Gutiérrez comparándolo con tres parámetros: el modelo adaptativo de Humphreys y Nicol (2000), la zona de confort propuesta por Olgyay (1963) y la percepción de los involucrados de acuerdo al ISO 10551. El objetivo es determinar la diferencia sobre los modelos utilizados y el estudio de campo.

Tuxtla Gutiérrez es la capital del estado de Chiapas, se encuentra ubicado al Sur de la república mexicana, con latitud de 16°45'N, y longitud de 93°07'O, en promedio la ciudad está a 600 metros sobre el nivel del mar; cuenta con un clima Cálido subhúmedo y por tales condiciones climáticas es necesario conocer que parámetro se acerca más a las condiciones que prefieren las personas, y que atienda la necesidad de los diseñadores de espacios para mitigar el consumo de energía por sistemas mecánicos, sin sacrificar la habitabilidad térmica de los habitantes.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Ubicación y características de los habitantes de la vivienda evaluada.

La vivienda seleccionada es de interés social, y se ubica al oriente de la ciudad en el Fracc. Las Torres (Ver figura 1). Para el llenado de cuestionarios de acuerdo al ISO 10551 participaron 4 miembros de la familia. Las edades de los participantes fue de 11, 13, 23 y 47 años; 1 del sexo masculino y tres del sexo femenino; el índice de masa corporal (IMC) fueron dos, 21 y 23 IMC; se tuvieron respuestas entre las horas de las 7:00 hrs y las 0:00 hrs, obteniendo un total de 56 cuestionarios resueltos.



Figura 1. Ubicación de la vivienda evaluada.

¹ Raúl Pável Ruiz Torres Mtro. es Profesor y colaborador del cuerpo académico de COCOVI en la Fac. de Arquitectura en la Universidad Autónoma de Chiapas, México. pavelvvg@smn.com (autor corresponsal)

² El Dr. Gabriel Castañeda Nolasco es Profesor y líder del cuerpo académico de COCOVI en la Fac. de Arquitectura en la universidad Autónoma de Chiapas, México. gnolasco1@hotmail.com

³ El Arq. José Luis Jiménez Albores es profesor y miembro del cuerpo académico de COCOVI en la Fac. de Arquitectura en la Universidad Autónoma de Chiapas, México. jimenez_albores2627@hotmail.com

Periodo de estudio

El estudio se realizó durante la temporada cálida semihúmeda (Marzo a Mayo), se seleccionó esta temporada porque es la más crítica, es decir de acuerdo a las normales climáticas (Servicio Meteorológico Nacional) los meses de Marzo, abril y mayo presentan el promedio de temperaturas más altas que los demás meses del año. En la siguiente gráfica se exponen las diferentes temporadas que se presenta en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

De estos tres meses se midió la temperatura de bulbo seco (TBS) de 4 días del mes de mayo, del 22 de Mayo al 25 de Mayo, y de estos 4 días se seleccionó el día típico, seleccionando el 23 de mayo (Ver figura 3).

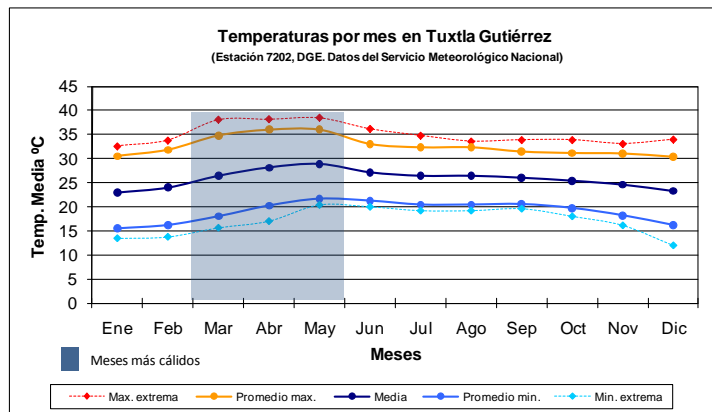


Figura 2. Normales Climatológicas de Tuxtla Gutiérrez. (Estación 7202, DGE, Servicio Meteorológico Nacional).

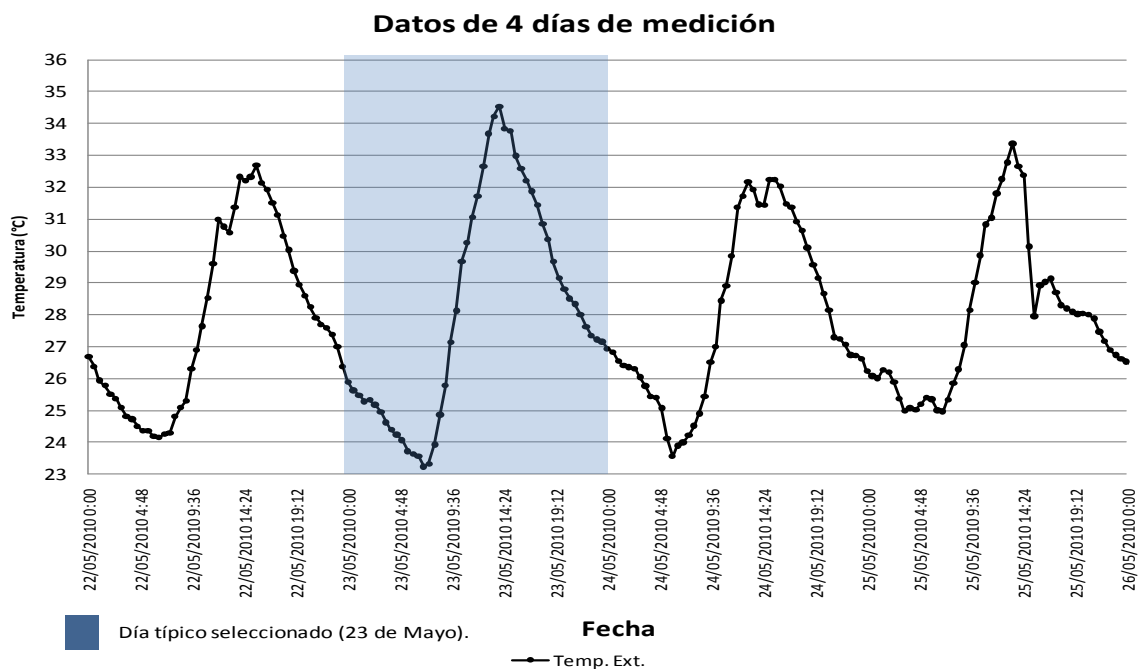


Figura 3. Selección del día típico evaluado.

Equipo empleado para el monitoreo

Los datos utilizados de la temperatura exterior fueron obtenidos de la estación Meteorológica, ubicada en la Facultad de Arquitectura. Los datos que se registraron para evaluación del interior de la vivienda son: la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo, humedad relativa y velocidad del viento. Para el monitoreo en interiores se utilizó el equipo de monitor de estrés térmico QUESTemp 36 (ver figura 4). La estación meteorológica y el equipo de monitor de estrés térmico son operados por el cuerpo académico de COCOVI.



Figura 4. Monitor de estrés térmico y anemómetro Omnidireccional, modelo QUESTemp 36.

Método de análisis.

Es importante mencionar que la comparación realizada en este trabajo se basa en el parámetro de la temperatura de bulbo seco (TBS), esto para delimitar los alcances y facilitar el uso de los resultados, ya que son los parámetros frecuentemente usados para la evaluación del ambiente térmico utilizando la variable de TBS.

Para la comparación del modelo adaptativo de Humphreys y Nicol (2000) se graficó el parámetro de confort térmico propuesto por dicho autor, el cual utiliza la siguiente ecuación para determinar la temperatura neutral de confort (Tn):

$$T_n = 13.5 + 0.54 * T_m \quad \text{Donde: } T_m = \text{Temperatura media exterior}$$

Para la T_m se sustituyó la temperatura media mensual de Mayo, debido a que los autores proponen sustituir la T_m la temperatura promedio del mes o temporada que se va a evaluar de acuerdo a datos de las normales climatológicas de la estación local, en este caso como la evaluación se realiza con datos registrados en Mayo se sustituye solo la temperatura promedio del mes de Mayo de acuerdo a las normales climatológicas, siendo la temperatura promedio para el mes de Mayo de 28.8°C (SMN). Para la determinación de la amplitud del rango de confort térmico se utilizó $\pm 2.5^\circ\text{C}$, dado que es un análisis de un periodo del año, en caso que hubiera sido un análisis anual se utilizaría un rango de $\pm 3.5^\circ\text{C}$ (Auliciems y S. Szokolay, 1997). Para la comparación de la zona de confort de Fanger (1973) se utilizó el rango de 21.1°C a 27.8°C propuesto por este autor. Finalmente para la comparación con los cuestionarios obtenidos de la percepción de los integrantes de la vivienda de acuerdo al ISO 10551 se hizo un análisis por regresión lineal entre la correlación de las TBS registradas en el interior de la vivienda y la sensación térmica percibida de las personas; la ecuación obtenida se utiliza para determinar la T_n y se utiliza la amplitud $\pm 2.5^\circ\text{C}$ de acuerdo a Auliciems et al. (1997).

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados por parámetro en el siguiente orden: el modelo adaptativo de Humphreys y Nicol (2000), la zona de confort propuesta por Fanger (1973) y la percepción de los involucrados de acuerdo al ISO 10551.

Evaluación con el modelo adaptativo de Humphreys y Nicol (2000).

La T_m utilizada para sustituir en la ecuación propuesta por los autores para encontrar la T_n fue de 28.8°C, esto de acuerdo a las normales climáticas de Tuxtla Gutiérrez correspondiente a la temperatura media de TBS para el mes de Mayo.

La T_n resultó de 29.1°C, y el límite inferior de la zona de confort fue de 26.6°C y el límite superior fue de 31.6°C (ver cuadro 1); y en la figura 5 se muestra la gráfica obtenida, en ella está graficada la temperatura de bulbo seco (TBS) del interior de la vivienda del día 23 de mayo y la zona de confort obtenido del parámetro de Humphreys y Nicol (2000). También se indica las horas en las que la TBS sale de la zona de confort.

El resultado muestra que son 6 horas que la TBS interior de la vivienda se encontró fuera de la zona de confort, de las 14:00 hrs a las 20:00 hrs, siendo las horas de tarde, es interesante que la hora en que comienza a salir de la zona de confort corresponda a la hora con TBS exterior más alta de 34.5°C; mientras que en la mañana no existen horas fuera de la zona de confort. La TBS exterior en cambio se sale de la zona de confort de la 12:00 hrs a las 17:00 hrs, siendo 5 hrs, esto es 1 hora menos que sale de la zona de confort que el interior, esto indica que se experimentan más horas fuera de la zona de confort en el interior de la vivienda. Es importante mencionar que se presenta un retraso térmico de 2 hrs y por ello las horas más altas se presentan 2 horas mas tarde al interior de la vivienda.

Evaluación con la zona de confort de V. Olgyay (1963).

Para la comparación de la zona de confort de Olgyay (1973) se utilizó el rango de 21.1°C a 27.8°C propuesto por este autor. En la figura 6 se muestra la gráfica obtenida, graficada la temperatura de bulbo seco (TBS) del interior de la vivienda y la zona de confort propuesta por Olgyay. De igual forma se indica las horas en las que la TBS sale de la zona de confort. Y en el cuadro 2 se expone el límite inferior y superior propuesto por Olgyay (1963).

Modelo Humphreys y Nicol (2000)		
Tn	Limite inf.	limite sup.
29,1	26,6	31,6

Cuadro 1. Valores encontrados con el parámetro de Humphreys y Nicol (2000).

Zona de confort de V. Olgyay (1963)	
Limite inf.	Limite sup.
21,1	27,8

Cuadro 2. Valores encontrados con el parámetro de Olgyay (1963).

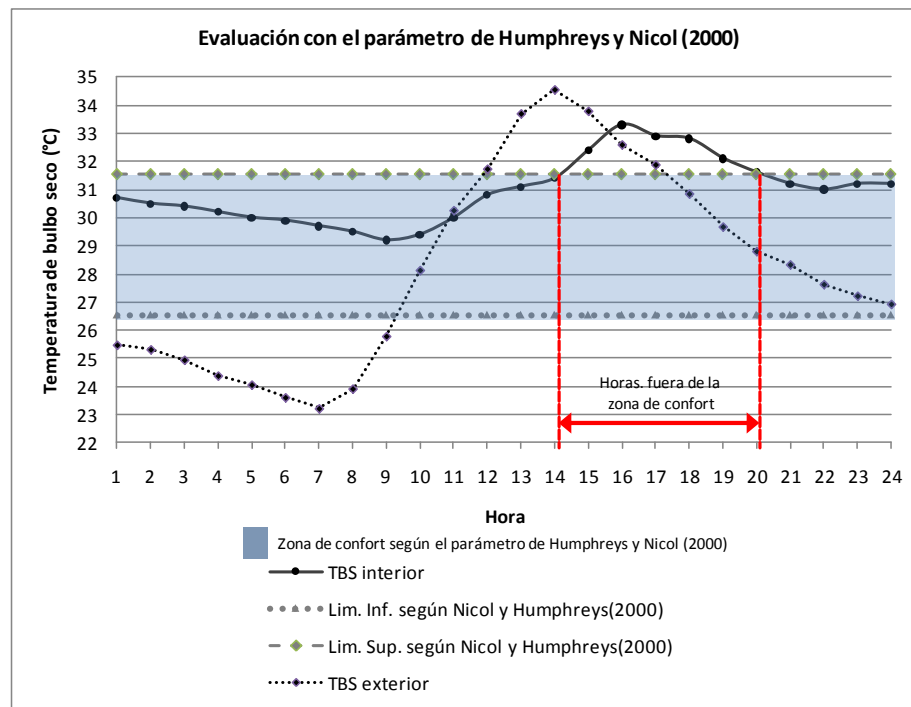


Figura 5. Evaluación con el parámetro de Humphreys y Nicol (2000).

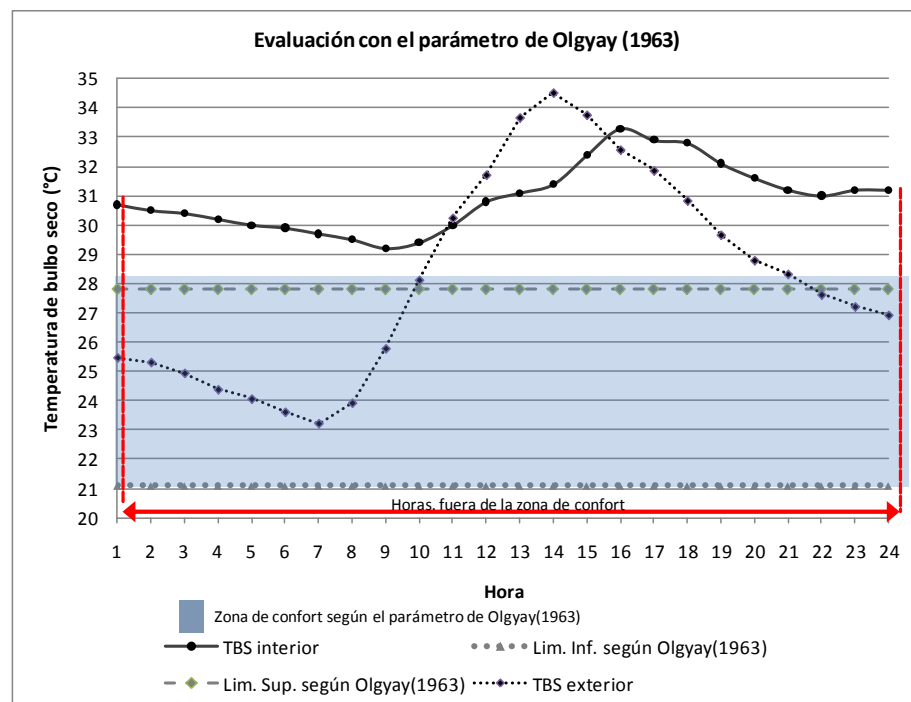


Figura 6. Evaluación con el parámetro de Olgay (1963).

Se puede observar en la figura 6, que según con el parámetro de la zona de confort térmico de Olgay (1963) la TBS interior está todas las horas del día 23 de Mayo fuera de la zona de confort, mientras que la TBS exterior se encuentra fuera de la zona de confort de las 10:00 hrs a las 21:00 hrs, siendo 11 horas, que prácticamente solo en horarios de la madrugada y al amanecer la TBS exterior se encuentran dentro de la zona de confort. Entonces para la comparación con este parámetro no existen TBS interiores donde las personas puedan considerar confortable ante al ambiente térmico. Hay que recordar que esta propuesta está propuesto con el enfoque racional o determinista, el cual considera que todas las personas prefieren las mismas temeperaturas y por lo tanto no se calcula la zona de confort como fue en el caso de Humphreys y Nicol (2000), el cual es un modelo adaptativo y se considra las temeperaturas medias de las normales climatológicas que se presentan en una localidad. De tal forma que se comprueba la tesis del enfoque adaptativo, que las personas prefieren temperaturas de acuerdo a la adaptación que tienen a las condiciones térmicas que ellos experimentan.

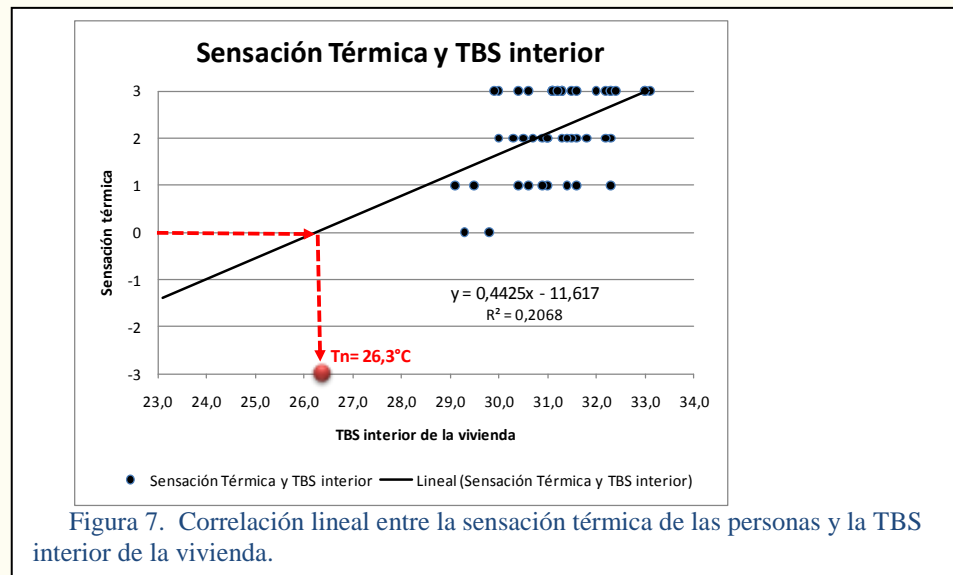
Evaluación según la percepción de los involucrados de acuerdo al ISO 10551.

Finalmente para la comparación con los cuestionarios obtenidos de la percepción de los integrantes de la vivienda de acuerdo al ISO 10551 se hizo un análisis por regresión lineal entre la correlación de las TBS registradas en el interior de la vivienda y la sensación térmica percibida de las personas; la ecuación obtenida se utiliza para determinar la Tn (ver figura 7) y se utiliza la amplitud $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ de acuerdo a Auliciems et al. (1997). La ecuación para obtener la Tn es la siguiente:

$$Tn = 13.5 + 0.54 * Tm \quad \text{Donde: } Tm = \text{Temperatura media exterior}$$

Se puede observar en la figura 7 que en el eje de las "Y" se encuentra en una escala de -3 a 3, esta es la escala de Bedford (1936), el cual "-3" es sensación de Mucho frío, "3" es sensación de Mucho calor y "0" es confort térmico, hay que recordar que estas son respuestas por parte de los integrantes de la familia y los resultados encontrados son exclusivamente para este caso. Es importante observar que prácticamente las respuestas fueron sobre la sensación de confort (que confort sería "0"), la mayor parte de las respuesta fue de algo de calor hasta mucho calor, es lógico considerando que el estudio se realizó en la temporada más cálida del año. La obtención de la Tn se puede encontrar de dos formas, una es sustituyendo el valor de "0" (confort) en "Y" en la ecuación de la regresión lineal y despejando "X"; y la otra forma es de forma gráfica como se ve en la figura 7 en líneas rojas, se parte del valor "0" (confort) y se continua en línea recta hasta intersectarse con la tendencia lineal, y luego se baja al eje de las "X", y se obtiene la Tn, que fue de 26.3°C . En este caso se despejó la fórmula para ser más exactos.

Una vez que se tiene la Tn se graficó al igual forma que los anteriores parámetros. En el cuadro 3 se expone los valores encontrados de Tn y el límite inferior y superior, estos límites fueron obtenidos sumando $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ al Valor de la Tn.



Modelo usando datos según la ISO 10551		
Tn	Limite inf.	Lim. Sup.
26,3	23,8	28,8

Cuadro 3. Valores encontrados con el parámetro siguiendo el (1973).

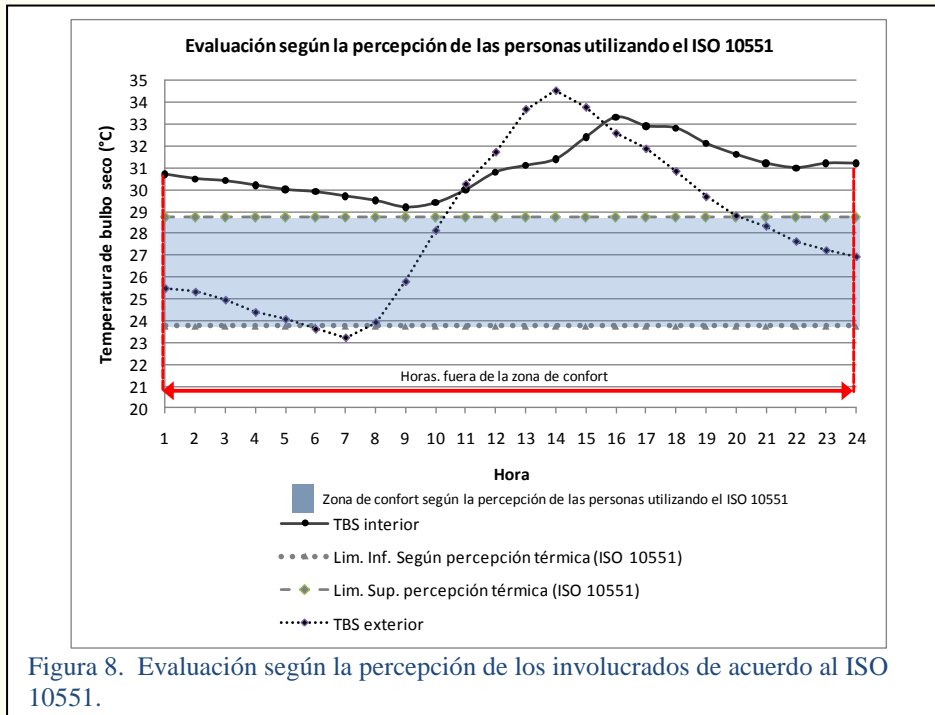


Figura 8. Evaluación según la percepción de los involucrados de acuerdo al ISO 10551.

Se puede observar que según la zona de confort encontrada no existe horas en que la TBS interior se encuentren dentro de la zona de confort, mientras que la TBS exterior esta fuera de la zona de confort entre las 10:00 hrs y las 20:00 hrs, siendo 10 horas, y entre las 6:00 hrs y las 8:00 hrs sale de la zona de confort hacia temperaturas bajas. Por lo tanto según esta zona de confort encontrada por cuestionarios las personas consideran inconfortable térmicamente el interior de su vivienda en todas las horas del día 23 de Mayo

COMENTARIOS FINALES

Resumen de resultados

En este trabajo se estudió cuales son las diferencias entre los tres parámetros para evaluar el confort térmico en interiores, los resultados incluyen el análisis por medio de gráficas la comparación de la evaluación del día 23 de Mayo del presente año para una vivienda ubicada en Tuxtla Gutiérrez con condiciones de clima Cálido-Subhúmedo. Según los parámetros de Olgyay (1973) y la percepción de las personas según el ISO 10551 no existieron horas consideradas confortables en el interior de la vivienda, mientras el parámetro del modelo adaptativo de Humphreys y Nicol (2000) se encontraron horas consideradas confortables de las 20:00 hrs a las 14:00 hrs, es decir durante la noche, la madrugada y hasta las 14:00 hrs. e inconfortables de las 14:00 hrs a las 20:00 hrs. Es importante mencionar que para encontrar el modelo de Humphreys y Nicol (2000) se utiliza la temperatura promedio del mes o temporada a analizar y por ser un mes con temperaturas muy altas de TBS el rango de confort resulta elevado, además no hay que olvidar que la ecuación obtenida fue hecha con individuos que experimentan un clima diferente al experimentado en Tuxtla Gutiérrez, y también con usos y costumbres diferentes, entre ellos podemos mencionar simplemente el tipo de vestimenta que se esté acostumbrado utilizar. Y por tal motivo resulta más confiable los resultados obtenidos según la percepción obtenida por medio de cuestionarios utilizando 10551, pero con la necesidad de realizar más recopilación de datos de las personas que habitan en condiciones de clima cálido subhúmedo, porque los cuestionarios son solo de una familia y se necesitaría hacer una muestra mayor para establecer un modelo de confort térmico. Pero esta da pauta a continuar con investigaciones de este tipo.

Conclusiones

Los resultados demuestran que existe una diferencia notable entre los tres parámetros y que a pesar de que el parámetro de Humphreys y Nicol obtuvimos horas con confort, resulta cuestionable por resultar un rango de confort muy elevado, de 26.6°C a 36.6°C, esto por supuesto porque se utilizó el dato de T_m del mes de Mayo, por lo tanto al usar este parámetro se recomienda utilizar la temperatura media anual de las normales climatológicas aunque se analice un mes o una temporada.

Con respecto al parámetro de la zona de confort propuesta por Olgyay resulta útil si no se cuenta con la posibilidad de realizar un estudio de confort térmico basándose en el ISO 10551, ya que esta zona de confort fue realizada en condiciones y con personas diferentes a la localidad. Por tal motivo y para concluir se considera que se debe realizar estudios de confort térmico para determinar un rango de confort térmico para las condiciones del clima que se experimenta en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, tomando en cuenta una muestra representativa para la cantidad de población que habita en la ciudad para que pueda ser generalizado estadísticamente, todo esto con el fin de buscar y poder utilizar un rango de confort que esté más adaptado a las condiciones ambientales que experimentan las personas en la localidad y permitirá a futuro obtener parámetros de confort local para el diseño arquitectónico, orientado al ahorro energético y otros recursos.

REFERENCIAS

González, Eduardo, y Bravo, Gaudy. (2003). Confort térmico en el trópico húmedo: experiencias de campo en viviendas naturalmente ventiladas. Revista ambiente construido, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 2003. .

ISO International Organization for Standardization. (1995). ISO10551:1995 (E) Ergonomic of the thermal environment using subjective judgement scales. Geneva, Switzerland, 1995.

Olgyay, Víctor. (1963), Arquitectura y clima, Barcelona, Ed. Gustavo Gili.

Humphreys, M.A. and Nicol, J.F. (2000) Outdoor temperature and indoor thermal comfort: raising the precision of the relationship for the 1998 ASHRAE database of field studies ASHRAE Transactions 206(2) pp 485-492.

NOTAS BIOGRÁFICAS

El **Mtro. Raúl Pável Ruiz Torres**. Maestro en Arquitectura por la Universidad de Colima. Especialidad en Diseño Bioclimático. Estudiante del Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura en la Universidad de Colima. Colaborador del cuerpo académico COCOVI, Profesor de licenciatura y Maestría en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas.

El **Dr. Gabriel Castañeda Nolasco**. Maestro en Arquitectura por la Universidad Autónoma de Yucatán, Dr. en Ciencias de la Ingeniería ambiental por la Universidad de San Paulo. Líder del cuerpo académico COCOVI, Profesor de licenciatura y Maestría en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas.

El **Mtro. José Luis Jiménez Albores**. Maestro en Arquitectura por la Universidad Autónoma de México, miembro del cuerpo académico COCOVI, y Profesor de licenciatura y Maestría en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Efecto del manejo de residuos agrícolas en lombrices de tierra (Oligochaeta) en suelos de origen volcánico, Chile

J. Alonso M. Cabrera¹ e Iván R. Vidal²

¹Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas, Apartado postal No. 78, Villaflores, Chiapas, 30470, México.

²Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos, Vicente Méndez No. 595, Chillán, Chile.

Resumen

Las lombrices tienen un papel importante en la descomposición de la materia orgánica y la presencia de residuos agrícolas puede tener un efecto en las actividades de las lombrices. El propósito de este trabajo fue investigar el efecto de residuos agrícolas en el número y biomasa fresca de lombrices de tierra en cuatro sitios con suelos de origen volcánico y de textura franco-limoso, para ello, se recolectaron las lombrices de tierra en campo usando la técnica descrita por Meyer (1996). Los resultados encontrados fueron, que la presencia de los residuos agrícolas de diferentes tipos de cultivos dejados en la superficie del suelo favoreció en número y biomasa fresca de las lombrices de tierra comparada con la remoción de los residuos a través de la quema, encontrándose diferencia significativa tanto en otoño como en invierno. Con respecto al tipo de residuo o rotación se encontró estadísticamente mejor la rotación que incluyó leguminosas-gramíneas. Los resultados encontrados muestran que la presencia y tipo de residuo agrícola tiene un efecto importante en el número y biomasa fresca de las lombrices, siendo mejor cuando los residuos no son removidos a través de la quema y en estos se incluye residuos de leguminosas.

Palabras clave: Manejo de residuos agrícolas, tipos de residuos agrícolas, Oligochaeta

INTRODUCCIÓN

El manejo biológico de la fertilidad de suelos implica el aprovechamiento de los recursos biológicos del ecosistema, particularmente los del suelo. Este depende de la manipulación de las entradas de materia orgánica que abastece energía y nutrimento a la fauna del suelo para estimular sus actividades y por lo tanto promover la fertilidad del suelo (Swift, 1997). Estas actividades son reguladas por la cantidad y calidad de la materia orgánica, las condiciones ambientales y la fauna del suelo (Swift, 1997), la cual tiene una importante labor en el incremento de la tasa de descomposición y la retribución de la materia orgánica, haciendo más accesible al ataque de la microfauna (Kumar y Goh, 2000). Se ha mostrado que la calidad de los residuos de las plantas como el contenido de nitrógeno y lignina juegan un papel crítico en la abundancia de la fauna del suelo como son las lombrices de tierra y algunos artrópodos por su efecto de palatabilidad y descomposición (Tian *et al.*, 1993).

Las lombrices son una parte significativa de la macrofauna en muchos suelos, afectando sus propiedades y procesos a través de su alimentación, desperdicios y formación de galerías (Kladivko, 2001), como la incorporación de nitrógeno de la materia orgánica del suelo (Syers, *et al.*, 1979) y las galerías que construye *Lumbricus* spp., que proveen macroporosidad y propiedades de infiltración incrementando la conductividad hidráulica saturada (Li y Ghodrati, 1995). Además, de la estabilidad de los agregados (Mackay y Kladivko, 1985) y la reducción de la formación de costras en el suelo (Kladivko *et al.*, 1986).

Sin embargo, la labranza y otras prácticas de manejo del suelo afectan las poblaciones de las lombrices por el abastecimiento de alimento, tanto en cantidad, calidad y localización (Kladivko, 2001), incrementando la población cuando hay aplicaciones residuos de plantas (Tian *et al.*, 1993). Este estudio pretendió investigar el efecto de los residuos agrícolas en el número y biomasa de lombrices de tierra en cuatro sitios con suelos de origen volcánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en cuatro predios agrícolas ubicados geográficamente entre los 36° 56' y 37° 48' de latitud sur y 71° 56' y 72° 09' de longitud oeste de la octava región de Chile. Cada predio conto con parcelas experimentales donde se realizaron rotaciones de cultivo, no-labranza de más de diez años y con dos tratamientos: manejo de residuos agrícolas y quema de estos (cuadro 1).

Muestreo de lombrices de tierra

Se realizaron dos muestreos considerando la época estacional, una en otoño y la otra en primavera (Meyer, 1996), para esto se utilizó el método de muestreo conductual que puede presentar una mejor evaluación de la especie *Lumbricus terrestris* (Coleman *et al.*, 1999) que pertenece al grupo ecológico de las especies "anecic" (Bouché, 1977, citado por Coleman y Crossley, 1996). La técnica utilizada para recolección de lombrices de tierra en campo es la descrita por Meyer (1996).

La cantidad de repeticiones de tomas de muestras para la estación de otoño vario con cada parcela experimental y para la estación de primavera se realizaron cuatro repeticiones o muestras por parcela. Estas muestras se realizaron usando un cuadro de madera que delimitaba una superficie de 0.5 m², retirando los residuos de cultivos anteriores y vertiendo en intervalos sobre esta superficie de 7.5 a 15 litros, dependiendo del contenido de agua en el suelo, una solución de formaldehído diluido en agua a una concentración de 0.4% con el cual las lombrices de tierra emergieron y fueron recolectadas manualmente e introducidas,

realizando el conteo de estas, en una bolsa de polietileno. Posteriormente se determino el peso de la biomasa para cada muestra o repetición.

Los datos obtenidos fueron analizados a través de la prueba de t de Student's ($p=0.05$) en los tratamientos de no quema y quema de residuos agrícolas para cada sitio estudiado y para el tratamiento rotación de cultivos se uso el análisis de varianza para los datos de primavera y el modelo lineal general para los datos de otoño por el desbalance en el número de repeticiones, utilizando la prueba de medias de diferencia mínima significativa con un nivel de confianza de $\alpha = 0.05$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de los residuos agrícolas de diferentes tipos de cultivos dejados en la superficie del suelo favoreció en número y biomasa de las lombrices de tierra comparado con la remoción de los residuos a través de la quema, presentando diferencia significativa ($P=0.05$) tanto en la estación de otoño como la de la primavera.

Para otoño se encontró en promedio por metro cuadrado, de 24.6 a 255 individuos con una biomasa de 15.32 a 40.69 g cuando los residuos no fueron quemados y de 5 a 190 individuos con 0.98 a 24 g de biomasa cuando los residuos fueron quemados (cuadro 2). Con respecto a la estación de primavera, cuando había cultivos presentes al momento de las muestras, el promedio obtenido por metro cuadrado fue de 7.5 a 112.5 individuos con 3.45 a 25.84 g de biomasa donde los residuos permanecieron en la superficie y cuando fueron quemados se encontró de 2 a 10 individuos con una biomasa de 0.13 a 2.63 g (cuadro 4). Las lombrices tienen un papel importante en la descomposición de la materia orgánica y se ha encontrado que el equivalente del 10% del total de la materia orgánica del suelo en los primeros 15 cm parece pasar a través de las lombrices cada año (James, 1991), y la presencia de residuos puede resultar en un ambiente favorable para estas por abastecimiento de alimentos y protección (Kladivko, 2001) e incrementar las poblaciones (Tian *et al.*, 1993). En algunos estudios se ha encontrado de 0 a 400 individuos por m^2 y de 0 a 100 g m^{-2} de biomasa en un campo manejado en forma integral que consistió en cultivación reducida, bajo uso de fertilizantes inorgánicos y uso de biocidas, mientras que en un campo bajo manejo convencional prácticamente ninguna lombriz estuvo presente (Marinissen, 1992). Por su parte Buckerfield (1992) encontró densidades de hasta 430 lombrices por m^2 con una biomasa de 111 g m^{-2} durante los meses húmedos.

Con relación al tipo de residuo o rotación se encontró estadísticamente ($p=0.05$) mejor la rotación que incluyó *Lupinus* *sp* y *Triticum Aestium* con 227.2 lombrices y 29.38 g de biomasa promedio por metro cuadrado en otoño (cuadro 3) y 61.6 lombrices con 13.7 g de biomasa promedio por metro cuadrado en primavera (cuadro 5). Buckerfield (1992) reportó que las lombrices adultas fueron relativamente más abundantes bajo cereal que en la fase alternativa de leguminosa. Sin embargo, Mackay y Kladivko (1985) encontraron que el número y la biomasa de las lombrices bajo soya (*Glycine max*) continua fueron mayores que aquellos presentes bajo maíz (*Zea mays*), aunque atribuyen posibles efectos adversos de insecticidas y fertilizantes usados en el maíz. No obstante, Tian *et al.*, (1993) reportó más alta población de lombrices con el residuo de leguminosas *Leucaena leucocephala*, además de una correlación negativa con la razón de lignina/nitrógeno de los residuos de plantas estudiadas.

Por otra parte, otros estudios han mostrado que en residuos de soya después de 36 días permanecía solo el 34% de estos en presencia de lombrices comparado con el 60% donde no se aplicaron lombrices y más acentuado fue cuando el residuo fue de maíz con 85% del residuo presente en ausencia de lombrices, mientras que en presencia de estas fue del 52% (Mackay y Kladivko, 1985), lo que indica que el residuo de leguminosas es más accesible a la descomposición por las lombrices. Cuando el residuo fue de trigo, la tasa de descomposición fue incrementada de 26 a 47 % en un periodo de 8 a 10 meses comparado donde las lombrices fueron excluidas (Curry y Byrne, 1992).

Los resultados encontrados muestran que la presencia y tipo de residuo agrícola tiene un efecto importante en el número y biomasa de las lombrices, siendo mejor cuando los residuos no son removidos a través de la quema y en estos se incluye residuos de leguminosas.

Agradecimientos

A Marisol Berti y Marco Sandoval por su apoyo y sugerencias en el análisis estadístico, al personal de campo de proyectos del departamento de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción (U de C), Chile, por su ayuda en los muestreos. Especial agradecimiento a la Universidad Autónoma de Chiapas, México y a la U de C por el apoyo otorgado a J.A.M. Cabrera.

BIBLIOGRAFÍA

Buckerfield, J. C. 1992. Earthworm Populations in Dryland Cropping Soils under Conservation-Tillage in South Australia. Soil. Biol. Biochem. Vol 24 (12). p 1667-1672.

Coleman, D. C. and D. A. Crossley Jr. 1996. Fundamentals of Soil Ecology. Academic Press. USA. p 102.

Coleman, D. C.; J. M. Blair; E. T. Elliott and D. H. Wall. 1999. Soil invertebrates. *Standard Soil Methods for Long-Term Ecological Research*. G.P. Robertson; D. C Coleman; C.S. Bledsoe and P. Sollins (eds). Oxford University Press, Inc., USA. p 369-371

Curry, J. P. and D. Byrne. 1992 The Role of Earthworms in Straw Decomposition and Nitrogen Turnover in Arable Land in Ireland. *Soil. Biol. Biochem.* Vol 24 (12). p 1409-1412.

James, S. W. 1991. Soil, Nitrogen, Phosphorus, and Organic Matter Processing by Earthworms in Tallgrass Prairie. *Ecology*, 72 (6). p 2101-2109.

Kladivko, E. J.; A. D. Mackay and J.M. Bradford. 1986. Earthworms as a Factor in the Reduction of Soil Crusting. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 50: 191-196.

Kladivko, E. J. 2001. Tillage Systems and Soil Ecology. *Soil & Tillage Research*. 61: 61-76

Kumar, K. and K. M. Goh. 2000. Crop Residues and Management Practices: Effects on Soil Quality, Soil Nitrogen Dynamics, Crop Yield, and Nitrogen Recovery. *Advances in Agronomy*, Vol. 68. Academic Press. p 278.

Li, Y. and Ghodrati. 1995. Transport of Nitrate in Soils as Affected by Earthworms Activities. *J. Environ. Qual.* No. 24. p 432-438.

Mackay, A. D. and E. J. Kladivko. 1985. Earthworms and Rate of Breakdown of Soybean and Maize Residues in Soil. *Soil Biol. Biochem.* Vol 17 (6). p 851-857.

Marinissen, J. C. Y. 1992. Population Dynamics of Earthworms in a Silt Loam Soil under Conventional and "Integrated" Arable Farming During two Years with Different Weather Patterns. *Soil Biol. Biochem.* Vol 24 (12). p 1647-1654.

Meyer, E. 1996. Endogeic Macrofauna. *Methods in Soil Biology*. F. Schinner; R. Ohlinger; E. Kandeler and R. Margesin (eds.). Springer-Verlag, Berlín. p 346-354.

Swift, M. J. 1997. Biological Management of Soil Fertility as a Component of Sustainable Agriculture: Perspectives and Prospects with Particular Reference to Tropical Regions. *Soil: Ecology in Sustainable Agricultural Systems*. L. Brussaard and R. Ferrera-Cerrato. Lewis Publishers (CRC Press), N. Y. p 137-159.

Syers, J. K.; A. N. Sharpley and D. R. Keeny. 1979. Cycling of Nitrogen by Surface-Casting Earthworms in a Pasture Ecosystem. *Soil Biol. Biochem.* Vol 11. p 181-185.

Tian, G.; L. Brussaard and B. T. Kang. 1993. Biological Effects of Plant Residues with Contrasting Chemical Compositions under Humid Tropical Conditions: Effects on Soil Fauna. *Soil. Biol. Biochem.* Vol. 25 (6). p 731-737.

Cuadro 1. Tratamientos y rotación de cultivos en cuatro sitios agrícolas de la octava región, Chile.

Predios agrícolas	Tratamientos		Rotación
JH	Manejo de residuos* ^a	Residuos quemados	Raps, Trigo, Avena
IM	Manejo de residuos* ^b	Residuos quemados	Trigo, Avena, Trigo
JM	Manejo de residuos* ^c	Residuos quemados	Avena, Trigo, Avena
JR	Nivel de residuos* ^d	Residuos quemados	Raps, Trigo, Avena
	Nivel de residuos* ^d	Residuos quemados	Lupino, Trigo, Lupino

*Residuos agrícolas picado y distribuido en la superficie de estudio con segadora de cuchilla horizontal. a. 7.2 ton/ha; b. 6.7 ton/ha; c. 7.7 ton/ha; d. nivel medio 4.4 ton/ha. Raps (*Brassica napus*), Trigo (*Triticum aestivum*), Avena (*Avena sativa*) y Lupino (*Lupinus sp.*).

Cuadro 2. Número y biomasa promedio de lombrices de tierra en otoño con diferentes tipos y manejos de residuos agrícolas.

Sitio-rotación ^a	Lombrices (m ²)		$t_{\alpha=0.05}$	Biomasa gm ⁻²		$t_{\alpha=0.05}$
	NQ	Q		NQ	Q	
JH-RT	109.6	24.4	*	15.3	6.2	*
IM-TA	24.7	5.0	*	23.7	0.9	*
JM-AT	177.3	31.7	*	29.4	8.9	*
JR-RT	242.5	78.7	*	40.7	9.9	*
JR-LT	255.0	190.0	*	33.4	24.0	*

a. residuos agrícolas con relación a la rotación de cultivos. A. *Avena sativa*; L. *Lupinus sp*; R. *Brassica napus* y T. *Triticum aestivum*.

NQ. Residuos agrícolas no quemados y Q. residuos agrícolas quemados.

Cuadro 3. Número y biomasa promedio de lombrices de tierra en otoño con diferentes tipos y manejos de residuos agrícolas con relación a la rotación de cultivos.

Sitio-rotación ^a	Lombrices (m ²)	DMS _{$\alpha=0.05$}	Sitio-rotación ^a	Biomasa gm ⁻²	DMS _{$\alpha=0.05$}
JR-LT	227.2	a	JR-LT	29.4	a
JR-RT	172.3	b	JR-RT	27.5	ab
JM-AT	104.5	c	JM-AT	19.2	bc
JH-RT	67.0	d	IM-TA	12.3	cd
IM-TA	14.8	e	JH-RT	10.8	d

a. residuos agrícolas con relación a la rotación de cultivos. A. *Avena sativa*; L. *Lupinus sp*; R. *Brassica napus* y T. *Triticum aestivum*.

Cuadro4. Número y biomasa promedio de lombrices de tierra en primavera con diferentes tipos y manejos de residuos agrícolas.

Sitio-rotación*	Lombrices (m ²)		t _{α=0.05}	Biomasa gm ⁻²		t _{α=0.05}
	NQ	Q		NQ	Q	
JH-RT	43.0	7.0	*	9.7	2.63	*
IM-TA	7.5	2.0	*	3.6	1.15	*
JM-AT	13.0	4.0	*	3.4	0.1	*
JR-RT	92.5	4.0	*	23.2	0.4	*
JR-LT	112.5	10.5	*	25.8	1.6	*

* residuos agrícolas con relación a la rotación de cultivos. A. *Avena sativa*; L. *Lupinus sp*; R. *Brassica napus* y T. *Triticum aestum*.

NQ. Residuos agrícolas no quemados y Q. residuos agrícolas quemados.

Cuadro 5. Número y biomasa promedio de lombrices de tierra en otoño con diferentes tipos y manejos de residuos agrícolas con relación a la rotación de cultivos.

Sitio-rotación*	Lombrices (m ²)	DMS _{α=0.05}	Sitio-rotación ^a	Biomasa gm ⁻²	DMS _{α=0.05}
JR-LT-L**	61.6	a	JR-LT	13.7	a
JR-RT-A**	48.2	a	JR-RT	11.8	a
JH-RT-A**	25.0	b	JM-AT	6.2	ab
JM-AT-A**	8.5	b	IM-TA	2.4	b
IM-TA-T**	4.7	b	JH-RT	1.2	b

* residuos agrícolas con relación a la rotación de cultivos. A. *Avena sativa*; L. *Lupinus sp*; R. *Brassica napus* y T. *Triticum aestum*.

** Cultivo presente al momento del muestreo

Principales condicionantes de la planeación urbana y el ordenamiento territorial en Chiapas

Arq. Víctor Hugo Andrade Martínez¹

Maestro en Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial

e-mail: vhandradem@hotmail.com

Resumen

El estado de Chiapas es un crisol de bellezas y adversidades, tanto naturales como políticas, económicas y culturales; en este sentido resulta pertinente echar un vistazo a lo ocurrido en la historia contemporánea de nuestra entidad, referente a la planeación urbana, en busca de identificar las principales limitantes y condicionantes de su desarrollo urbano, mismas que surgen por efecto de las condiciones naturales de su geografía y por la enorme dispersión poblacional, equivalente a tener más de 19,000 localidades distribuidas en el territorio estatal. Además de este problema se encuentran los relacionados con los bajos niveles de escolaridad, los retrasos en infraestructura, equipamiento y servicios urbanos; así como de empleo y de perspectivas de desarrollo. De esta forma vemos un Chiapas matizado por una dependencia histórica de la población hacia las instituciones y rezagos que impiden su desarrollo.

Palabras claves

Planeación urbana, ordenamiento territorial, desarrollo urbano, dispersión poblacional

Introducción

En este artículo se describen las conjeturas a las que he llegado después de trabajar en diferentes contextos de la geografía chiapaneca, ahí se evidencian las causas de los atrasos en el desarrollo de los pueblos indígenas principalmente, para posteriormente señalar los probables caminos para lograr el éxito, específicamente en materia de desarrollo urbano de los asentamientos humanos.

Cuerpo principal

Experiencia en lo práctico y en lo conceptual

En los últimos doce años hemos realizado trabajos relacionados con la planeación urbana y el desarrollo urbano de localidades, tanto de la Zona Costa, Zona Fronteriza, Zona Selva, Zona Centro y Zona Norte del estado de Chiapas; las localidades trabajadas, representan sectores indígenas como son el caso de Zinacantán, Montecristo de Guerrero, San Andrés Duraznal, Tzimol, Maravilla Tenejapa y Nueva Palestina, ésta última enclavada en la Selva Lacandona. (ver gráfico No. 1) Así también se atendieron sociedades urbanas como las encontradas en Tuxtla Gutiérrez y Tapachula; además de los asentamientos ubicados en zonas de riesgo tal es el caso de Mapastepec, Huixtla y Escuintla. Las acciones realizadas van desde la elaboración de Diagnósticos urbanos, Programas de Desarrollo Urbano de Centros de Población, Reglamentos de Construcción, Participación en el diseño de la primera Ciudad Rural Sustentable de Nuevo Juan del Grijalva y el Diseño de la Ciudad Rural Sustentable de Ixhuatán. Es preciso mencionar que mi grupo de trabajo se conforma por investigadores de las líneas urbanas y de vivienda de bajo costo, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas.



Gráfico No. 1
Localidades trabajadas en 12 años

¹ Profesor Investigador de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas



Gráfico No. 2
Variables del desarrollo

Síntesis de un proceso exitoso

Desde la realidad que nos rodea, podemos asegurar que un proceso exitoso de desarrollo, debe contar con la presencia alterna de tres variables, primeramente la necesidad social, seguida del conocimiento y de por supuesto la voluntad política (ver gráfico No.2). Sin la presencia simultánea de estas variables los proyectos programados o iniciados se convertirán en fracasos desde los puntos de vista social y económico, es así como se construyen edificios convertidos en *elefantes blancos*, que carecen de algún sentido de rentabilidad, que únicamente dan respuesta a intereses que no pertenecen a la colectividad. En el caso contrario de que no exista voluntad política, no existirá el recurso necesario para materializar las propuestas. Para el caso de faltar la variable necesidad social, se presentarán caprichos políticos que no contarán con respaldo o justificación suficiente para validar su construcción o materialización.



Gráfico No. 3
Limitantes del desarrollo

Circunstancias que limitan el desarrollo

El modelo de ocupación en el estado es disperso, en gran medida debido a la accidentada orografía que se tiene, además de las condiciones culturales de los diferentes pueblos, que hacen del estado un crisol de usos, tradiciones, costumbres, lenguas y consumos de los espacios, tanto urbanos como habitacionales (ver gráfico No.3).

La constante de muchos pueblos es la inaccesibilidad a los bienes y servicios de agua y energía, debido al encarecimiento de los esfuerzos para la dotación de los satisfactores. Por no contar con vialidades de acceso en buen estado, que sean transitables por vehículos automotores

Por lo general en toda la geografía chiapaneca rural, los servicios educativos y de salud se encuentran de igual manera dispersos y son de muy mala calidad, esta característica de los servicios limita grandemente las posibilidades de desarrollo de los pueblos, alimentan la desertión por la falta de consolidación, en muchos casos

solo tienen clases por ejemplo dos o tres días a la semana y en otros muchos los docentes son personas que no rebasan la educación de nivel secundaria y media superior. La falta de profesores bilingües es otro factor importante en el desarrollo de los objetivos de los centros escolares, ya que al no poder desarrollar y reproducir lo aprendido en clases en las propias familias por la falta del dominio de la lengua castellana, quedan inertes y estériles. Es bien sabido que en el campo mexicano y más aun en el campo chiapaneco los ingresos familiares predominantes predominantes son realmente bajos, al punto de que gran parte de la población rural solo tiene una producción de subsistencia, estando por debajo de un salario mínimo al día. En la época de cosechas de café, maíz y otros productos agrícolas se enfatiza el ausentismo escolar, ya que los hijos de campesinos son distraídos por sus padres para participar en las labores productivas de la familia. Pese a que el gobierno federal ha previsto soluciones mediante el apoyo económico derivado de programas como el de oportunidades, donde los hijos tienen garantizada su estadía en las aulas, puesto que el estado o gobierno, cubre el costo de un sustituto de este trabajo, los recursos no son empleados para su fin y terminan en las cantinas o en los establecimientos de venta de alcohol, es por eso que se considera fallido el esfuerzo estatal; mismo que ha sido tomado por algunos como una estrategia electorera y no como un real apoyo social.

Históricamente nuestro pueblo ha sido relegado por sus carentes condiciones de defensa ante las injusticias sociales, en este sentido el alto nivel de analfabetismo ha contribuido a que vinales se aprovechen de los programas y desvíen los recursos para beneficio propio. Pareciera que esta condición de control del pueblo fuera planeada por las estructuras que toman decisión. Nuestro campo no ha podido desarrollarse por la poca tecnificación, esto debido a que no resulta atractivo invertir en situaciones que se presentan con problemas de adecuación, iniciando por la lejanía con los mercados más atractivos del país, su lejanía del centro y del norte, hacen de Chiapas, un sitio con desventajas de rentabilidad, y aunque desde los países vecinos del sur, somos vistos como economías del primer mundo, las condiciones de inversión, no resultan ser atractivas para las economías por su lejanía con los mercados y por el encarecimiento en la dotación, debido a las adversas condiciones naturales de su territorio, esto es por la accidentada topografía, la falta de vías de comunicación y las polarizadas redes económicas y sociales de su población.

Un caso extremo de la falta de tecnificación la observamos al encontrar en plena selva lacandona extensas áreas deforestadas, donde las fronteras agropecuarias han tendido sus directrices. Lo que antes eran ricas y extensas zonas de alta riqueza forestal, ahora son potreros que son rentados a los adinerados de la región o de otras regiones para emplear la ganadería extensiva, misma que pudiera ser intensiva si se contara con la tecnificación adecuada. La agricultura de subsistencia también ha contribuido a mermar las zonas de alto valor forestal. Las instancias crediticias no ofertan créditos y financiamientos para personas que no son sujetos de crédito según las disposiciones generales de cada institución. Debido a la falta de infraestructura vial se tiene un bajo acceso directo a mercados, de igual manera las inversiones y los intereses no han estado dirigidos a fortalecer las redes económicas familiares.

La producción es individual o familiar, sin que existan formas de asociación que permita tener una red económica que alimente una cadena de productores, comerciantes y consumidores en relación íntima con su naturaleza cultural.

La red vial de las zonas marginadas y rurales de la entidad son deficientes y de igual manera se tiene un servicio de transporte escaso y deficiente. El apoyo del Estado es limitado en Chiapas, las necesidades son infinitas y los recursos finitos, debido a ello no es posible en nuestro medio dar respuesta favorable a todas y cada una de las demandas de las localidades del territorio estatal; por esta razón se debe atender primeramente a lo más necesario e inmediato, para dejar después aquellas presiones menos importantes.



Gráfico No. 4
Limitantes del desarrollo urbano

Circunstancias que limitan el desarrollo urbano

El personal que se encarga de hacer valer las disposiciones normativas en materia urbana, por lo general no son servidores públicos calificados para realizar la administración urbana; lo anterior se debe a que en la mayoría de los Ayuntamientos en el estado, esta área es dirigida por personas que no cuentan con niveles educativos de licenciatura y en muchos de los 118 ayuntamientos, apenas han terminado la educación básica; existen excepciones por supuesto, pero estas solo se presentan en las localidades más urbanas del estado, tal es el caso de la ciudad capital de Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de las Casas, Comitán, Tapachula, entre otros.

Los intereses de los actores urbanos de cada localidad, presentan acaparamiento de las acciones de desarrollo; por lo general son las personas o familias con mayor poder económico, políticos y funcionarios públicos. Estos a su vez se aprovechan de la toma de decisión y de los recursos públicos para beneficiarse de forma directa. Un problema recurrente en los ayuntamientos es que, de acuerdo a la constitución de nuestra nación,

no existe la reelección, esta condición dificulta la continuidad de las estructuras y del personal municipal; es decir que, debido a que solo dura la administración 3 años, sucede lo siguiente: el primer año empiezan de cero, este año sirve para aprender, cometiendo errores; en el segundo año es cuando más se aprovecha la estructura, misma que ha producido varios errores y que gracias a este aprendizaje puede hacer propuestas más certeras, en el tercer y último año es utilizado para reparar los errores cometidos en el primero, y como estamos en una realidad que presenta problemas de corrupción, no es un secreto escuchar los periódicos y los críticos de la política de los estados y municipios que este año sirve para ocultar los problemas que la corrupción presenta; es decir que este año ya no se comprometen a crear y echar a andar iniciativas de largo plazo porque también se convierte en un año electorero, donde el partido en el poder tiende a dirigir todos sus esfuerzos y recursos para recuperar a los votantes perdidos y a consolidar los que aun poseen, es entonces un año de paliativos, las presiones políticas aumentan para dejar mal a las autoridades vigentes y es entonces cuando los recursos económicos no son utilizados a cabalidad para lo que fueron gestionados. Además de todos los males mencionados, en nuestra entidad como en muchas otras se presenta la duplicidad de acciones del Estado; tanto la instancia estatal como la federal e incluso las municipales, en muchas ocasiones duplican esfuerzos para solventar carencias, esta acción impide resolver los problemas de una manera óptima, dejando entrever la falta de coordinación de los tres órdenes de gobierno (ver gráfico No. 4).

Los asentamientos humanos en Chiapas carecen en su mayoría de instrumentos urbanos que regulen el crecimiento físico y que presenten estrategias claras y factibles de desarrollarse para lograr un equilibrio entre el crecimiento físico y las oportunidades de desarrollo económico que permita la consolidación de una política de arraigo entre la gente del asentamiento. En los casos en los que existen instrumentos urbanos, ya sean esquemas de desarrollo urbano, planes y programas de desarrollo urbano, cartas urbanas, etc. Existe una carencia en el seguimiento en las estrategias, mismas que conjugadas con la falta de continuidad de los servidores públicos y los intereses en juego, cada que inicia una nueva administración municipal; hacen de lo estipulado como letra muerta, e incluso estorbandolo para los beneficios individuales de los encargados de la toma de decisión.

Muchas ciudades y localidades presentan alta especulación del suelo urbano, es decir los terrenos baldíos funcionan como bienes o patrimonios en engorda, colocándose como excelentes agentes de inversión, en ellos los propietarios tienen puestas las

esperanzas de mejoras, claro que las tendrán, en promedio los terrenos urbanos ascienden porcentualmente hasta un 1000 por ciento en solo cuatro o cinco años de forma natural y si se presentan inversiones en la región por la dotación de algún equipamiento urbano, este cantidad de tiempo se reduce a menos de la mitad y el índice porcentual se puede hasta duplicar o triplicar de lo señalado anteriormente. Las políticas urbanas no han sido las más eficientes puesto que estas zonas baldías no deberían permanecer con esta condición de uso, existen alternativas que no han sido puestas en marcha, tales como la elevación de los impuestos prediales y municipales para aquellos terrenos baldíos y la disminución de aquellos que no lo están, esta estrategia utilizada en otros asentamientos ha cobrado valor, al permitir incentivar la optimización del suelo apto para el uso urbano y el desaliento para la expansión física de la ciudad. Cuando existen compromisos políticos de parte de las autoridades municipales, no existe autonomía para la toma de decisión, luego entonces los patrocinadores de las campañas electorales son los que condicionan las obras, la disposición de ellas y la temporalidad de las mismas.

La corrupción se encuentra presente en nuestro país en todos los niveles, desde el municipio, pasando por el estado hasta las estructuras federales, así también se sabe que existe desde el simple trámite burocrático, hasta las licitaciones arregladas de las obras y servicios.

Existe una complicidad anunciada, en estas estructuras, formando un círculo vicioso, en el cual la ignorancia de las disposiciones urbanas y la necesidad de informarse sobre ellas es demasiado compleja; es decir las nuevas autoridades les es más cómodo no tener que dar cuenta de nada a nadie, y tener absoluto poder para decidir en donde invertir y en donde no. La normatividad urbana en este supuesto se vuelve inoperante, no se aplica ni se toma en cuenta, dando como resultado un estado anárquico donde las acciones a veces se traducen en caprichos originados por la ignorancia y por la voluntad de unos cuantos. En los Ayuntamientos la presión política llega a representar el principal lastre del desarrollo, donde los paliativos utilizados por los administradores urbanos, llegan a violar la normatividad vigente en materia urbana. Los intereses económicos y de poder siempre están en juego, cuando se presentan ocasiones para la toma de decisión en materia urbana

Comentarios finales



Gráfico No. 5
Variables del desarrollo sostenible

¿Cómo lograr un desarrollo integral sostenible?

Para lograr un desarrollo integral sostenible se deben concentrar núcleos poblacionales más numerosos, para luego fortalecerlos en su accesibilidad y en la oferta de bienes y servicios (ver gráfico No. 5). En cuanto a la producción y la comercialización, estas deberán estar apalancadas por una red de micro-crédito, respaldada por socios estratégicos que garanticen la comercialización de los productos en mercados potenciales. Se debe racionalizar el uso del suelo y los recursos naturales de forma progresiva a lo largo de los años, tratando siempre de elevar los niveles de acceso a la información, para cada ciudadano. Es en este sector donde se debe estimular la conservación de los recursos naturales. En cuanto a la necesidad de abasto de servicios e infraestructura, se recomienda eliminar la dependencia que actualmente se tiene de la CFE, pudiendo crear micro-centrales hídricas, las cuales se han puesto en práctica en varios países de Sudamérica, como Uruguay y Argentina. Resulta necesario dar prioridad a la mejora sustancial de la red vial y de los servicios de transporte, puesto que merman severamente los niveles de calidad de vida y de desarrollo de las actividades económicas.

Es imperante para comprar, producir o vender, que se realice una promoción e intercambio de esquemas y experiencias asociativas, relacionadas con la producción, comercialización y consumo de los productos elaborados, cultivados y cosechados. En gran parte de las zonas rurales de Chiapas se requiere mejorar el manejo de los animales de traspatio y del ganado bovino; ya que es una ganadería extensiva, utilizando grandes extensiones de suelo para su desarrollo, sin optimizar el suelo, causando deforestación y ampliación de la frontera ganadera y agrícola, los animales de traspatio no cuentan con control y su cuidado y producción es irregular, pudiendo ser un medio para el solvente de sus necesidades materiales. La vocación productiva del suelo en la entidad es variada, razón por la cual se debe orientar la producción agrícola a las zonas más fértiles.

A lo largo de nuestra historia cercana, vemos que el paternalismo que el estado nos ha acostumbrado con la puesta en marcha de programas dirigidos a los grupos más favorecidos, el impacto ha sido negativo en la mayoría de los casos, en el pasado cercano, hasta antes de 1994, se podía ver grandes latifundios y una clase explotada sin ninguna posibilidad de desarrollo, las condiciones han cambiado, pero las viejas prácticas siguen realizándose, la alternativa más viable para lograr la superación de las carencias en las comunidades es la implementación de acciones basadas en la autogestión, esta misma debe ser entendida como “Sistema de organización,, según el cual los trabajadores participan en todas las decisiones” así también se puede entender que “es la gestión en base a recursos propios de cualquier asociación, sin injerencia externa. Pretendiendo alcanzar la participación

activa de sus integrantes y la independencia organizativa o económica”. Este modelo de desarrollo, basado en la participación activa de todos o la mayoría de los miembros de un grupo social o grupo económico, tiende a incentivar la búsqueda de alternativas, en varias fuentes de financiamiento, sin esperar que como comúnmente se dice *papá gobierno* les dé el pez en la boca.

¿Cómo lograr un desarrollo urbano exitoso?

Para el caso urbano se debe tener mayor vigilancia de la aplicación de las normas, no basta con tenerlas, se debe dejar el calificativo de letra muerta, se deben poner en práctica las disposiciones descritas en los instrumentos urbanos, ya sean cartas urbanas o programas de desarrollo urbano; cabe mencionar que también existe la necesidad de actualizarlos periódicamente, ya que muchos de ellos se encuentran obsoletos. Para que todo funcione como debería se debe eliminar la corrupción, mediante la transparencia de las acciones en los asentamientos, sobre todo aquellas que involucren manejo de recursos económicos (ver gráfico No. 6). La burocratización en las dependencias públicas será un cáncer a resarcir; para ello se deben simplificar los trámites, esto resulta un concepto demagógico, utilizado por los políticos, pero con una revolución ideológica podrá ponerse en marcha. Se requiere la continuidad en los programas y en las personas a cargo de su aplicación. De nada sirve en este sistema tan efímero que se desgaste periodo tras periodo en la capacitación del personal nuevo, porque lejos de beneficiar los cambios, vuelven al punto cero; para evitar el empoderamiento ilegal de quien maneja la información, ésta debe ser pública y abierta. Permitiendo el libre acceso a la información, se reduce la especulación, se le resta valor a la información, puesto que estará al alcance de todos y los encargados de operarla serían simples servidores públicos que pueden ser suplidos por cualquier otro de ser necesario.

El suelo urbano en los asentamientos debe ser optimizado, es decir, se debe reducir la especulación de suelo o la puesta en engorda del suelo apto para el desarrollo urbano. Incluso para optimizar los recursos se deben proponer acciones intermunicipales sobre todo en las relacionadas con agua potable y saneamiento, desde su abastecimiento pasando por la potabilización hasta llegar al tratamiento de aguas negras, así también en lo relacionado con la disposición final de residuos sólidos (basura), mediante la propuesta de rellenos sanitarios, etc.

Se debe tener un desarrollo con una visión de región, el desarrollo de los pueblos no puede verse aislado de los componentes y condicionantes de su entorno, ya sean naturales, artificiales, políticos o sociales. Al mismo tiempo se debe proteger y regular el aprovechamiento de los recursos naturales, para evitar catástrofes ecológicas que nos cobren la factura en un futuro próximo. Con las acciones económicas implementadas en los asentamientos se logrará fomentar la identidad y el arraigo de sus pobladores, al tener un medio para resolver sus necesidades materiales, se evita la migración hacia otras ciudades de mayores oportunidades; trayendo consigo esta acción, la desarticulación de las relaciones familiares y una ruptura y choque social entre las diferentes estratos de la sociedad, tanto la que absorbe la migración, como de aquella que la produce. Una alternativa viable en los últimos años en varios países latinoamericanos, lo representan los Institutos de planeación, éstos se encargan de tomar las decisiones, en materia urbana, restándole poder a las autoridades, sobre la toma de decisión de las inversiones públicas, prueba de ello lo tenemos en Curitiba Brasil, donde el instituto de planeación es comandada por un grupo de ciudadanos con cierto reconocimiento moral, de parte de la sociedad; que se apoyan de especialistas para la toma de decisión.



Gráfico No. 6
Variables del desarrollo urbano exitoso

LA TECNOLOGÍA INFORMÁTICA APLICADA EN LA INGENIERÍA PARA UNA COMUNIDAD DE APRENDIZAJE COLABORATIVO

Verónica García Valenzuela¹, Dr. Enrique A. Morales González², M.C. Luis Héctor Porragas Beltrán³

Resumen— Actualmente estamos en una transformación sin precedentes en nuestra sociedad, los cuales se ven reflejados en el sistema educativo que se encuentra en un proceso de cambios constantes productos de las transformaciones sociales propiciados por el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación, implicando en nuevas formas de gestionar tiempo, los conocimientos e incluso incidir en los hábitos de vida y actitudes. Esta aplicación del concepto nuevas tecnologías en la enseñanza, requiere que el profesorado universitario se centre en los siguientes aspectos: la utilización de los equipos, programas informáticos de uso general, organización de la tutoría virtual con sus estudiantes, aprovechamiento de los recursos de Internet para las clases y para proponer actividades a los estudiantes utilizando las bases de datos y programas informáticos específicos de la experiencia educativa que se imparte (instrumento profesional), elaboración de grupos colaborativos de interés relacionadas con la experiencia educativa

Palabras claves— Enseñanza, Aprendizaje Colaborativo, Tecnología informática

I. INTRODUCCIÓN

No podemos desconocer que la presencia de la computadora en nuestra vida es hoy una realidad palpable e innegable. Está presente en casi todos nuestros actos diarios, sean éstos de información, de trabajo, de esparcimiento o de estudio. La razón de esa presencia es su capacidad para adquirir, procesar y almacenar información y de la posibilidad de combinar esa capacidad con la de los medios de comunicación, conformando redes que potencian aún más sus capacidades. Si bien las computadoras y toda la Tecnología informática que ello implica, todavía no han inundado suficiente y acabadamente los ámbitos de estudio y formación como las escuelas y las universidades, es evidente que estamos en camino de que ello ocurra. Mientras, tanto los docentes como los estudiantes, por imposición de la propia realidad, vamos realizando un aprendizaje gradual y progresivo tendiente a una mayor utilización de estos recursos tecnológicos en el ámbito educativo. En ése contexto queremos presentar la experiencia de algunos años atrás a la fecha de haber incorporado los recursos técnicos de la Computación y de Internet como apoyo de las clases impartidas que tradicionalmente seguía una metodología clásica.

II. APRENDIZAJE COLABORATIVO Y ENSEÑANZA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA

La enseñanza en la actualidad ha sufrido una importante transformación que abarca tanto a la formación inicial como a la formación profesional. La enseñanza superior cada vez se va acercando a un número mayor de personas con edades mucho más diversificadas. El mercado laboral está en un cambio constante con pasos agigantados y la formación se hace también necesaria en la mayoría de los ámbitos sociales. Paralelamente a esta situación, el uso de la tecnología informática se ha presentado como elemento fundamental a ser considerado como medio de cambio y mejora de los procesos formativos. Ofrecer una buena formación a través de la red no es tarea fácil, ya que supone un cambio en los modelos de enseñanza-aprendizaje, en el papel del profesor, del estudiante, etc. Y, por supuesto, implica un cambio en el desarrollo de los materiales de aprendizaje, que va más allá del trabajo de un profesor al organizar los contenidos, puesto que pasa a consistir (o debería consistir) en una labor de equipo mucho más amplia y no tan individualista como en la enseñanza tradicional.

Para enfrentarse a los retos que plantea la sociedad actual, se requieren nuevas formas de funcionamiento por parte del profesorado y de los estudiantes. Por un lado, no basta con ser experto en una determinada materia, por el otro los estudiantes deben desarrollar múltiples habilidades, a la vez que una serie de características y competencias fundamentales tales como la capacidad de resolver problemas, de trabajar en equipo, las habilidades comunicativas, las habilidades para el aprendizaje autónomo, para la toma de decisiones, etc. Formar a los estudiantes para que sean capaces de desenvolverse en un contexto de colaboración y de permanente interacción social donde, además, el conocimiento necesario para resolver situaciones cambia constantemente, supone un desafío para la educación superior actual. Nosotros consideramos que la incorporación de la tecnología informática puede favorecer el trabajo del profesorado universitario en el desarrollo de las competencias mencionadas. Por este motivo, hemos centrado nuestra investigación en el diseño de entornos de aprendizaje que favorezcan los procesos de construcción de conocimiento a través del trabajo colaborativo.

El análisis de la investigación parte del año 2007 en donde se ha comenzado a incorporar con mayor impacto el uso de la Computadora y de los servicios vinculados a Internet como recursos pedagógicos para apoyar la impartición de las clases, sin sustituir la explicación en pizarrón del profesor de las clases teórico-prácticas presenciales y manteniendo las evaluaciones

mediante exámenes parciales escritos, sumando a lo anterior desarrollo de ensayos, simulaciones en software educativo, preguntas directas donde relacionen la teoría con la práctica y de esta manera tener un aprendizaje significativo de las experiencias educativas disciplinares que son la parte medular de los diferentes programas educativos de nuestra facultad de ingeniería.

La modalidad y contenido de las evaluaciones parciales para aprobar las diferentes experiencias educativas no ha variado de manera sustancial, pero al incorporar la nueva modalidad, se han generado nuevas obligaciones a los estudiantes, sobre todo, relacionados con el cumplimiento de determinado nivel de actividad de aprendizaje. Entre las nuevas obligaciones están las de contestar y aprobar las encuestas temáticas semanales y la elaboración de trabajos prácticos individuales. Durante éste período, hubo mejoras en los resultados de las calificaciones de los estudiantes en diferentes experiencias educativas obteniendo un índice de reprobación menor al de años anteriores, en la tabla 1 se muestra la inscripción de estudiantes a tres experiencias educativas del cuarto período de Ingeniería en Electrónica y comunicaciones con respecto al número de aprobados.

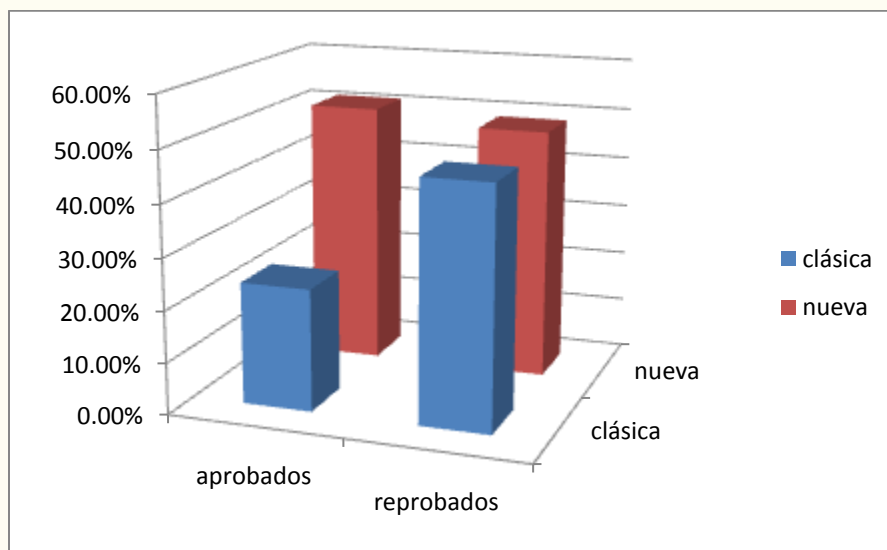
Años	Inscritos	Aprobados	Aprobados / inscritos
2007	119	38	32%
2008	110	56	51%
2009	117	65	55.5%
2010	119	79	66.38%
total	465	238	51.18%

Tabla 1. Estudiantes a aprobados / inscritos a tres experiencias educativas de IEC

Esto implica una ventaja positiva en el indicador de relación estudiantes aprobado/inscritos, a favor de la aplicación de la nueva metodología con apoyo informático, con respecto a la metodología clásica, como se muestra en la tabla 2 y gráfica 1, cabe que mencionar que la metodología clásica pura era aplicada antes del análisis al que se dedica este estudio (2007) y según datos de secretaria académica el porcentaje de reprobación es mayor.

Metodología	Aprobados	Reprobados	Aprobados / inscritos
Clásica	110	355	23.65
Nueva	238	227	51.18

Tabla 2. Comparación de metodología clásica con respecto a la nueva.



Gráfica 1. Comparación metodologías

Resulta oportuno que la cátedra, con la incorporación de la metodología apoyada en los recursos informáticos, ha conseguido nuevos niveles de eficiencia, entendiendo como tal, a la mejora de la relación insumo/productos. Los insumos, por lo menos en un plano teóricos, son los mismos para ambas metodologías, por lo tanto se ha mantenido constante. El producto, sea considerando la suma de los estudiantes que han aprobado el es evidente que es mayor en el caso de la nueva metodología, con lo cual, la mejora de la eficiencia educativa de la cátedra se confirma. Otra probable consecuencia es la mejora de la calidad educativa. Esta, por ahora, no se puede demostrar cuantitativamente, pero se puede inducir desde el momento que se han mantenido las evaluaciones presenciales escritas, en su mismo nivel y forma, para ambas metodologías. Quizás los criterios expuestos para justificar la mejora en la eficiencia y en la calidad educativa merezcan algunos cambios derivados de las disciplinas pedagógicas y educativas. Sin embargo, resulta un hecho objetivo y palpable, la ventaja para el proceso enseñanza aprendizaje la aplicación de la nueva metodología con apoyo de los recursos tecnológicos de la Computación e Internet.

III. RECURSOS INFORMÁTICOS UTILIZADOS EN LAS EXPERIENCIAS EDUCATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN COLABORATIVA DEL CONOCIMIENTO

Probablemente hay muchas formas de incorporar las tecnologías informáticas al proceso de enseñanza. Hoy disponemos de programas multimedia, simuladores, aula virtual, tele conferencia, video discos, CD interactivos, campus universitario, etc. Cada uno de estos recursos es apto para determinados fines pedagógicos.

La utilización de cualquiera de ellos, o en conjunto, nos lleva en seguida a pretender distinguir y oponer metodologías de enseñanza como si fueran excluyentes, por ejemplo: Presencial vs. A distancia o Real vs. Virtual. En nuestro caso hemos considerado apropiado buscar los complementos de estos métodos, razón por la cual no hemos abandonado la explicación en pizarrón de la asignatura en forma clásica. Sin embargo es apreciable como los estudiantes aprovechan cada vez menos el uso de apuntes, sobre todo después de las primeras sesiones, y prefieren recibir los conocimientos por vía informática. Hay dos aspectos centrales en nuestra experiencia:

- 1) La disposición de la cátedra y de los estudiantes, por parte de la Facultad, de su Laboratorio de Informática que consta con una apreciable cantidad de computadoras, conectadas en red y con acceso a Internet, donde los estudiantes contaron con prioridades y horarios preestablecidos para su utilización. Aproximadamente la mitad de los estudiantes siguieron las actividades desde sus domicilios y/o trabajos, mientras que la otra mitad lo hizo desde este laboratorio.
- 2) La conformación de un grupo o comunidad virtual utilizando la plataforma de un conocido portal público en Internet para:
 - a. Disponer de un medio centralizado de intercambio de mensajes, consultas y opiniones entre profesores y estudiantes y entre estos últimos, utilizando el correo electrónico.
 - b. Centralizar la exposición de apuntes, lecciones, artículos, trabajos y demás material bibliográfico digitalizado.
 - c. Realizar charlas interactivas virtuales en fecha y horarios preestablecidos.
 - d. Plantear y recibir las encuestas temáticas de evaluación semanal.
 - e. Plantear los trabajos prácticos y recibir las respuestas de los estudiantes.
 - f. Mantener una base de datos con todas las actividades de los estudiantes y su evaluación permanente.
 - g. Atender la tutoría de la cátedra.

Cualquier portal público disponible en Internet cuenta con la posibilidad de organizar o crear estos grupos o comunidades virtuales con acceso permitido sólo a sus interesados, los cuales son gratuitos, y que disponen de una variada gama de herramientas para operar, como servicios de correo electrónico, espacio en disco para archivos, fotos y gráficos, posibilidad de bajar y subir los mismos, servicio de Chat y foros, bases de datos, servicio de encuestas, agenda de actividades, recopilación de la actividad de cada miembro, enlaces a páginas Web de interés, entre otros.

El portal elegido brinda una adecuada velocidad de respuesta, debe ser conocido y a su vez permitir una suficiente capacidad de almacenamiento de archivos y demás información acorde a las necesidades de la cátedra, y estar disponible en forma permanente. Para poder organizar correctamente la biblioteca de recursos bibliográficos la plataforma debe permitir crear y encadenar una estructura de carpetas, lo que se aprovecha para ordenar el material por cada capítulo y tema del programa de estudio de la experiencia educativa, dentro de las cuales se guardaron los archivos que los estudiantes luego utilicen.

Estos se pueden bajar, imprimir o simplemente consultar por los estudiantes en cualquier momento del día, sin que tengan que trasladarse físicamente a alguna biblioteca. En nuestro caso fue necesario, con suficiente antelación, digitalizar todo el material bibliográfico a exponer. Los archivos que se utilizan pueden ser de cualquier tipo. En general hemos utilizado documentos de textos presentados en archivos PDF y DOC, presentaciones de diapositivas, planillas de cálculo y archivos comprimidos, sin que se nos hayan presentado problemas en su manipulación.

El portal elegido lleva un archivo cronológico de todos los intercambios de mensajes, sean estos provenientes de correos electrónicos o bien publicados desde la propia página del grupo o comunidad, de modo tal que todos los estudiantes puedan conocer toda la actividad de esta naturaleza en el grupo, e inclusive, consultarla retrospectivamente. Se han dado casos de que entre ellos mismos confrontaron puntos de vistas sobre algunos temas puntuales sin que necesariamente deban actuar los docentes en forma inmediata. La experiencia nos enseñó que los docentes deben atender diariamente la actividad del grupo, a efecto de satisfacer las demandas de tutoría o consultas y/o despejar dudas y contestar los mensajes con el menor tiempo posible.

Otra función que resultó muy útil y muy empleada ha sido la de encuestas. En nuestro caso se estableció la obligación de que los estudiantes contesten, sin que puedan conocer el resultado de los que ya contestaron, a preguntas referidas al tema que conforme al cronograma corresponde que lean y estudien en la semana.

En general se trabajó con encuestas de entre 10 a 20 preguntas que debían ser contestadas los días jueves después de haber tenido la sesión de laboratorio. Diversos controles del portal permiten que cada estudiante sea identificado y conteste una sola vez la encuesta. Una vez vencido el plazo para contestarla no permite hacerlo. El registro que realizaba el portal de las respuestas permitió a los docentes emitir una evaluación semanal del cumplimiento de cada estudiante lo que se mostraba en la base de datos para conocimiento de todo el grupo.

Los trabajos prácticos se exponían como enunciados en documentos de textos, los cuales, luego fueron desarrollados por cada estudiante en un archivo separado y devuelto al grupo en el término establecido para su evaluación y lectura de todos los estudiantes. La evaluación de este trabajo práctico también se reflejó en la base de datos de los estudiantes. El servicio de enlace resulta de suma utilidad para direccionar la navegación en Internet hacia páginas que son de interés y que los estudiantes deben consultar. La plataforma permite generar y mantener una base de datos, no modificable por los estudiantes, donde se exhiben, conforme las actividades se van desarrollando, las evaluaciones que emiten los docentes por cada estudiante y por cada acontecimiento.

El portal brinda otros servicios adicionales que resultan interesantes a la hora de hacer funcionar el grupo en apoyo de la actividad académica, como ser: el registro de toda la actividad de cada estudiante o miembro del grupo, la disponibilidad de una agenda de actividades para la cátedra con avisos vía mail del vencimiento o aproximación de cada evento, aviso de carga de nuevo archivo, etc.

IV. COMENTARIOS FINALES

Convendría por último señalar que de poco sirve el empleo de estos medios tecnológicos si no somos conscientes de antemano que su función fundamental es la de ser mediadores de la comunicación, pues no se ha de olvidar que no son los protagonistas del proceso de enseñanza/aprendizaje, sino simplemente los mecanismos que conducen a la adquisición de conocimientos y, en definitiva, a la realización personal del individuo a través de la formación

En este trabajo investigativo se estudió la aplicación de la tecnología informática en tres experiencias educativas del programa educativo de Ingeniería en Electrónica y comunicaciones, los resultados de la investigación incluyen el análisis estadístico del uso de las nuevas tecnologías con respecto a la metodología clásica así mismo que el indicador de estudiantes aprobados/inscritos mejoró con la implementación de la nueva metodología.

Conclusiones

En esta experiencia, hemos procurado utilizar la tecnología disponible y de manera gratuita, adaptando su utilización en las necesidades del proceso enseñanza aprendizaje de la cátedra. Los estudiantes dispusieron de mayor libertad para planear y cumplir sus actividades y menores exigencias de cumplimientos horarios. Han podido consultar mayor cantidad de material bibliográfico sin necesidad de desplazarse físicamente de un lugar a otro y cumplir mayores exigencias de actividades académicas evaluables (encuestas, trabajos prácticos, parciales). Es probable que el mejor resultado que se ha mostrado, en las relaciones de estudiantes aprobados/inscritos, tengan que ver con la mayor posibilidad de interactividad que se genera entre docentes y estudiantes y entre estos para abordar los temas de la materia. Resulta evidente, por lo expuesto, la ventaja de adoptar el apoyo que pueden brindar los recursos tecnológicos de la Computación y de Internet a la hora de mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje en el nivel universitario.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en el indicador de estudiantes inscritos/aprobados y su influencia en la eficiencia terminal

Referencias

CEBRIÁN, M. y DANIEL, P. (2008): "Una mirada acerca del rol docente universitario, desde las prácticas de la enseñanza en entornos no presenciales". En: Pixel-Bit, 32, pp. 117-129.

MARTÍNEZ, M. A. y SAULEDA, N. (2004): “Los escenarios del cambio en la docencia universitaria”. En: MARTÍNEZ, M. A. y CARRASCO, V. (Eds.): Espacios de participación en la investigación del aprendizaje universitario (Alcoy, Marfil): pp. 7- 12.

MONTSERRAT, S.; GISBERT, M., e ISUS, S. (2007): “E-tutoría: uso de las tecnologías de la información y comunicación para la tutoría académica universitaria”. En: Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 8:2, pp. 31-54

SCARDAMALIA, M.; BEREITER, C.: Knowledge building. En *Encyclopedia of education, second edition*. New York, Macmillan Reference, USA, 2002.

VILLASEÑOR SÁNCHEZ GUILLERMO.1998 (REIMP. 1998). La tecnología en el proceso enseñanza – aprendizaje. México: Trillas: ITESM. Universidad Virtual.

Notas Biográficas

La Mtra. Verónica García Valenzuela. Este autor es profesor de la Facultad de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México. Participo como ponente en el primer coloquio de Educación, así mismo en foros universitarios de la Universidad Veracruzana

El Dr. Enrique A. Morales González es Jefe de Carrera y profesor de la Facultad de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México. Ha publicado en la revista AMIME, ha participado como ponente en diversos congresos del área de ingeniería.

El M.C: Luis Héctor Porragas Beltrán es profesor de la Facultad de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México. Ha publicado en la revista AMIME, ha participado como ponente en los congresos de Electrónica en Chihuahua.

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Centro de Tuxtla Gutiérrez

Dr. Raúl González Herrera¹

Resumen— El artículo analiza las características que hacen vulnerable sísmicamente a la capital del estado de Chiapas, se desarrolló un trabajo de campo en el primer cuadro de la ciudad. Se procesó la información apoyado en un software desarrollado para este trabajo a partir de métodos simplificados considerando la vulnerabilidad observada (técnica italiana). Se emplearon datos de estudios de laboratorio de la mampostería local y la microzonificación sísmica desarrollada con antelación para la ciudad. Adicionalmente los resultados se comparan contra estudios obtenidos de una revisión de la literatura.

Palabras claves—vulnerabilidad física, vulnerabilidad sísmica, riesgo sísmico, sistemas constructivos.

Introducción

El estado de Chiapas es una región que está constituida por zonas afectadas por fenómenos naturales constantes que potencian el peligro y un nivel de marginación alto caracterizado por construcciones tradicionales elaboradas con sistemas constructivos y materiales tan diversas como el adobe, el bajareque, la madera, la mampostería de tabique y block de concreto, con y sin refuerzo y en menor medida de concreto y acero. Esta diversidad permite que existan patologías distintas en cada una de sus ciudades tanto por las características constructivas locales como por las condiciones de los materiales empleados, así como la inmigración del campo a la ciudad y de algunas zonas de Centroamérica como en el caso de las ciudades fronterizas, que propician un incremento de la vulnerabilidad.

Para lograr los objetivos del estudio se desarrolló un trabajo de campo importante en el primer cuadro de la ciudad, que partió de la selección de las viviendas a encuestar mediante la técnica de inferencia estadística (alrededor de 1,000 viviendas), tras analizar las condiciones del centro histórico, se elaboró un cuestionario del que obtuvimos información suficiente para el análisis estadístico de la vulnerabilidad.

Se procesó la información de los cuestionarios mediante métodos simplificados basados en vulnerabilidad observada (técnica italiana). También se emplearon los datos de estudios de laboratorio de las propiedades de la mampostería local y la microzonificación sísmica. Adicionalmente los resultados de éste análisis estadístico se comparan contra estudios obtenidos de una revisión de la literatura entre ellos uno de CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres).

Descripción del Método

Para lograr los objetivos del estudio se desarrolló un trabajo de campo importante en el primer cuadro de la ciudad, que partió de la selección de las viviendas a encuestar mediante la técnica de inferencia estadística (alrededor de 1,000 viviendas), tras analizar las condiciones del centro histórico, se elaboró un cuestionario del que obtuvimos información suficiente para el análisis estadístico de la vulnerabilidad.

Se procesó la información de los cuestionarios mediante métodos simplificados basados en vulnerabilidad observada (técnica italiana). También se emplearon los datos de estudios de laboratorio de las propiedades de la mampostería local y la microzonificación sísmica. Adicionalmente los resultados de éste análisis estadístico se comparan contra estudios obtenidos de una revisión de la literatura entre ellos uno de CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres).

El resultado de un estudio de vulnerabilidad sísmica está condicionado a la manera de cómo se haga la descripción del daño y del movimiento sísmico, la relación entre estos dos parámetros suele formularse discretamente con el desarrollo de funciones propias que reflejen los aspectos constructivos y culturales representativos de cada región. Estas pueden obtenerse analíticamente a partir de la vulnerabilidad calculada, con la simulación de la respuesta sísmica de estructuras de un mismo tipo, o con la observación de los daños causados en las estructuras por sismos, cuyo estudio estadístico define la vulnerabilidad observada (Barbat, 1998). Las técnicas de evaluación de la vulnerabilidad dependen principalmente de los siguientes factores:

- Objetivo del estudio
- Información disponible
- Características del elemento que se pretende estudiar
- Metodología de evaluación empleada para considerar el riesgo
- Resultado esperado
- Destinatario de la información

¹ Dr. Raúl González Herrera es Profesor de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. ingeraul@yahoo.com (autor corresponsal)

Metodologías para Evaluar la Vulnerabilidad Sísmica en México

La Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) ha empleado una variante de la metodología escala MSK-92 (Escala Macrosísmica Europea) para estudiar la vulnerabilidad en la colonia Roma del Distrito Federal, México, la cual calibraron con la base de datos del sismo de septiembre de 1985, ya que estaba muy bien catalogada, tanto en el nivel de daño, los sistemas constructivos y características generales cada inmueble (Arellano y otros, 2003).

Este método también fue empleado para evaluar algunas ciudades del estado de Guerrero como Chilpancingo. En la tabla 1 se muestra la clasificación de los sistemas constructivos que considera la metodología empleada para asignarles clases de vulnerabilidad que van desde la A (más vulnerable) y hasta llegar a la letra F (menos vulnerable).

Tipos de Construcción	Clases de Vulnerabilidad					
	A	B	C	D	E	F
a. Adobe. Tapial. Mampostería de piedra unida con barro.	•					
b. Tabiquería de madera rellena de adobe.	•					
c. Mampostería de piedra unida con mortero de cemento con techo ligero.		•				
d. Mampostería de ladrillo o bloques sin refuerzos.		•				
e. Mampostería de ladrillo sin refuerzo con piso de hormigón armado.			•			
f. Mampostería confinada de ladrillo.				•		
g. Madera.				•		
h. Concreto reforzado sin diseño sísmico (construidos entre 1900 y 1930).			•			
i. Concreto reforzado con nivel mínimo de diseño sísmico (construidos entre 1930 y 1963).				•		
j. Concreto reforzado con nivel moderado de diseño sísmico (construidos entre 1963 y 1980).					•	
k. Concreto reforzado con nivel alto de diseño sísmico (construidos entre 1980 a la fecha).						•

Tabla 1. Clasificación de los tipos de construcción en las clases de vulnerabilidad según la escala MSK-92

De acuerdo con la tabla 1, las estructuras de adobe y las de mampostería sin refuerzo, en ese orden son las más vulnerables físicamente cualitativamente respecto a la clasificación de las distintas estructuras que se consideran en la metodología MSK-92, ya que ambas ocupan la clase de vulnerabilidad A. Observamos que en esta tabla no se observan las estructuras metálicas, sin embargo en la modificación de la UAM se les coloca vulnerabilidad F.

En México hay pocas metodologías propias para el estudio de la vulnerabilidad y generalmente se emplean metodologías tomadas de Europa o los Estados Unidos, sin embargo dentro de las metodologías que se han desarrollado en México se encuentra la del CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). Este centro de investigación propuso e identificó la vulnerabilidad de las construcciones de cada uno de los estados de la república mexicana en una primera instancia solo considerando el material con el que están edificadas ver figura 1.

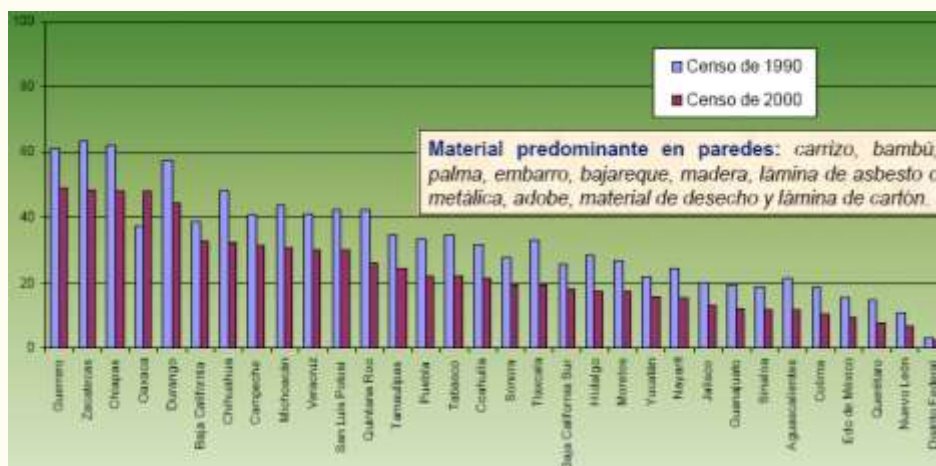


Figura 1. Comparativo de la distribución porcentual de viviendas que fueron consideradas vulnerables de acuerdo a la información proporcionada por el INEGI en los censos de 1990 y 2000 (Sánchez, 2005).

En la figura 1 observamos que el estado de Chiapas se ubica como el segundo estado en cantidad de viviendas elaboradas con materiales vulnerables de acuerdo con las consideraciones del centro de investigación y la información que se obtuvo de las estadísticas de los censos de población y vivienda del INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Historia) de los años 1990 y 2000.

Vulnerabilidad Sísmica de Estructuras de Adobe en el Centro de Tuxtla Gutiérrez

Implementando la metodología desarrollada por (Salgado, 2005) con los datos de daños medios de los sismos que mejor han reportado los daños en México, como son el sismo de Ometepec, Guerrero (1995), Oaxaca, Oaxaca (1999) y Colima, Colima (2003) y con el sismo más importante en la historia de Villaflores, Chiapas (1995), se construyó la curva de vulnerabilidad que se muestra en la gráfica de la figura 2, la cual corresponde a las viviendas rurales típicas de Chiapas. (González y otros, 2008). En el estudio de González y otros, 2008, basado en el estudio de Salgado, 2005, se obtuvo la curva de vulnerabilidad, que se propone como una función de distribución de probabilidad del tipo lognormal con media y desviación estándar, las cuales están dadas por los siguientes valores respectivamente $\phi(5.675, 0.996)$, como se ve en la figura 4, donde se coloca el daño esperado en cuatro sismos importantes.

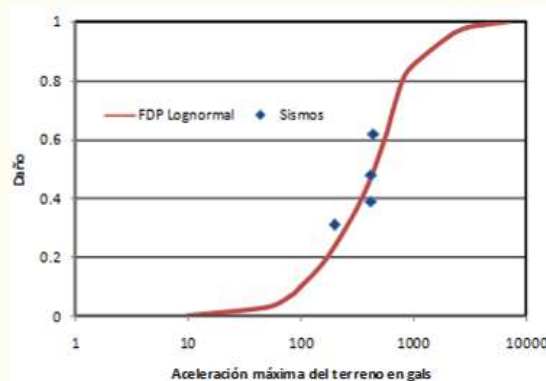


Figura 2. Curva de vulnerabilidad para la vivienda tradicional de Chiapas construida con la metodología propuesta por (González y otros, 2008).

De acuerdo al modelo probabilístico de Poisson (Feller, 1991), los periodos de retorno asociados a las construcciones tradicionales de los centros históricos son: 150, 475 y 975 años, sabemos que son pocas las construcciones de Tuxtla Gutiérrez y Tapachula que tienen alto valor histórico para diseñarlas con periodos de retorno tan altos, para este estudio consideramos 150 años. Con las aceleraciones máximas para los distintos periodos de retorno obtenidas por (Salgado, 2005) para Chiapa de Corzo y las obtenidas en el estudio de González y otros, 2008, para Tuxtla Gutiérrez, se obtienen los valores que permiten construir la tabla 2.

Periodo de retorno (años)	Daño medio esperado Chiapa de Corzo (por ciento del costo total)	Daño medio esperado Tuxtla Gutiérrez (por ciento del costo total)
150	0.27	0.39
475	0.39	0.56
975	0.52	0.71

Tabla 2. Daños medios esperados en la vivienda tradicional de Tuxtla Gutiérrez y Chiapa de Corzo, Chiapas de acuerdo con la metodología propuesta por (Salgado, 2005)

Vulnerabilidad Sísmica del Centro de Tuxtla Gutiérrez

La ciudad de Tuxtla Gutiérrez presenta un crecimiento poblacional muy importante, siendo una de las diez con más crecimiento del país, así como en la construcción de viviendas nuevas, lo cual se observa en las figuras 3a y 3b, de acuerdo con lo reportado en la página internet del INEGI, éste factor ha potenciado la vulnerabilidad de la ciudad.

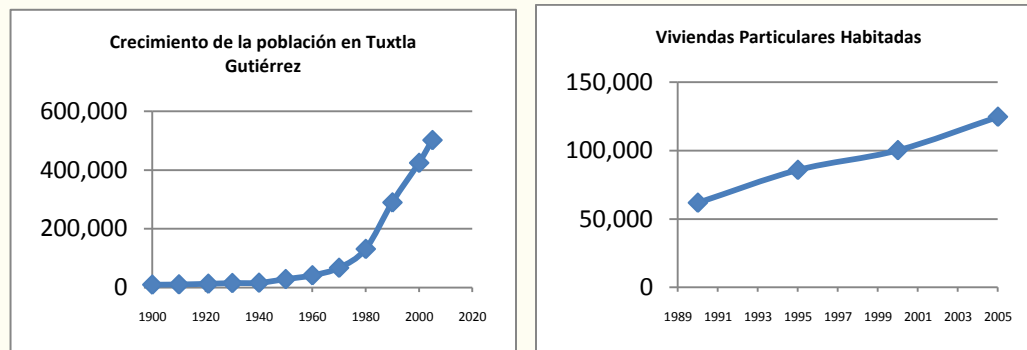


Figura 3a y 3b. Crecimiento poblacional y en número de viviendas habitadas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, de acuerdo con lo reportado por el INEGI.

Tomando como referencia de un promedio de 25 estructuras por manzana en la investigación realizada en la colonia Roma, en donde se emplearon procedimientos similares a éste. A este número de estructuras por manzana se le llamará n_e , y conociendo la cantidad de manzanas N_m se tiene la siguiente relación:

$$(i) \quad k = \frac{N_m}{n_e} \quad (1)$$

Que constituye la fracción de muestreo, y sea R un número aleatorio con dos cifras decimales significativas entre 0.01 y la relación anterior en el que la parte entera constituye el primer conglomerado en la muestra, agregando la fracción de muestreo al número anterior y tomando nuevamente la parte entera se tiene el segundo conglomerado en la muestra, y siguiendo el mismo procedimiento, hasta completar el número total de manzanas contenidas en la población.

$$(ii) \quad R, R+k, R+2k, \dots, R+(n-1)k \quad (2)$$

De acuerdo al tipo de información disponible en la zona elegida para la investigación, se considera que el mejor marco de muestreo para este caso es el muestro por conglomerados (manzanas), que después de elegir los conglomerados se continuará con la muestra total de ellos. En este método de muestreo se han considerado a las manzanas como conglomerados, debidamente numeradas desde la parte superior derecha y continuando hacia la izquierda.

A continuación se muestra gráficamente en las figuras 4a y 4b, el porcentaje de vulnerabilidad de estructuras de mampostería y concreto con distintos niveles de refuerzo, siendo la vulnerabilidad A estructuras de adobe y mampostería sin refuerzo hasta niveles muy importantes de refuerzo que alcanzarían grado F.

No se considera que la mampostería tenga vulnerabilidad clasificada como grados E y F, adicionalmente en el muestreo se sobre estima la seguridad de la mampostería alcanzando un porcentaje cercano al 80% las viviendas que se clasifican con menores vulnerabilidades. Los resultados de estructuras de concreto presentan valores más cercanos a la realidad.

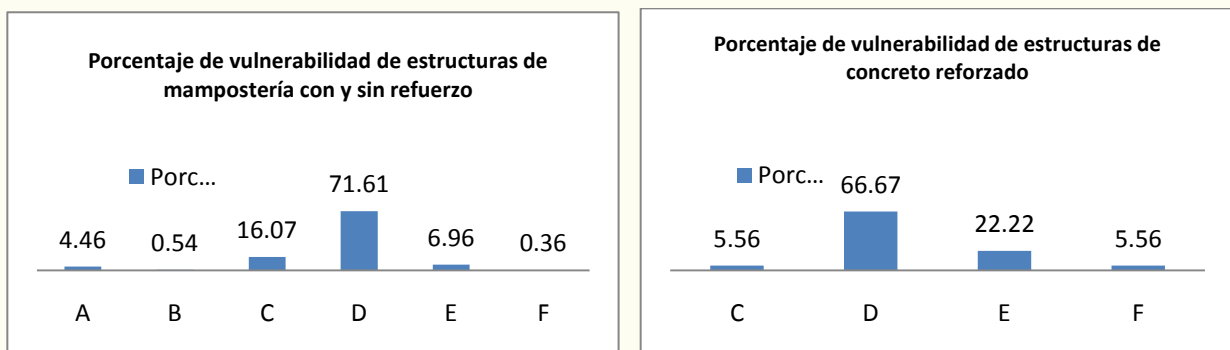


Figura 4a 4b. Croquis que representa la clase de vulnerabilidad de estructuras de mampostería con y sin refuerzo, así como de concreto reforzado con distintos niveles de detallado en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas basado en el trabajo de campo de Hernández, 2005.

Las construcciones de mampostería posteriores a los años 20 del siglo pasado, especialmente a partir de la década de los cuarenta, aparentan ser relativamente seguras aunque en muchos casos han tenido que reforzarse con una amalgama de concreto reforzado y mampostería. Pese a que no han sufrido daño notorio ante la presencia de sismos esto no las exime de la conveniencia de un buen programa de evaluación y diagnóstico estructural.

En el estudio de campo mencionado se detectó la necesidad de concientizar a la gente de readecuar algunas de las estructuras censadas aunque actualmente tienda a creerse que no hay necesidad porque las edificaciones, o bien han resistido terremotos anteriores, o por ser nuevas son invulnerables a sismos.

Haciendo el análisis de los resultados se define que la ciudad de Tuxtla Gutiérrez en el año 2009 tiene los siguientes indicadores con respecto a la vulnerabilidad sísmica y tipo de suelo, estos datos se basaron en la metodología EME modificada por la UAM y empleando las encuestas directas realizadas por toda la zona de estudio. La ciudad de Tuxtla Gutiérrez cuenta con un área de 72,870,710.74 m², ahora hacemos la demostración comparativa.

Se tiene que la vulnerabilidad sísmica tipo "A" representa el 18.92% de la mancha urbana; que se encuentra distribuida como se muestra en la figura 5a. Para el tipo de vulnerabilidad tipo "B" esta representa el 9% de la mancha urbana, que se encuentra distribuida como se muestra en la figura 5b. La vulnerabilidad tipo "C" representa el 27.8% de la mancha urbana, que se encuentra distribuida como muestra la figura 5c y la clase de vulnerabilidad tipo "D" representa el 44.4% de la mancha urbana, que se encuentra distribuida como muestra la figura 5d. De esta manera se observa que la mayor mancha lo representa la clase de vulnerabilidad tipo "D", seguida de la "C", luego de la "A" y por último de la "B".

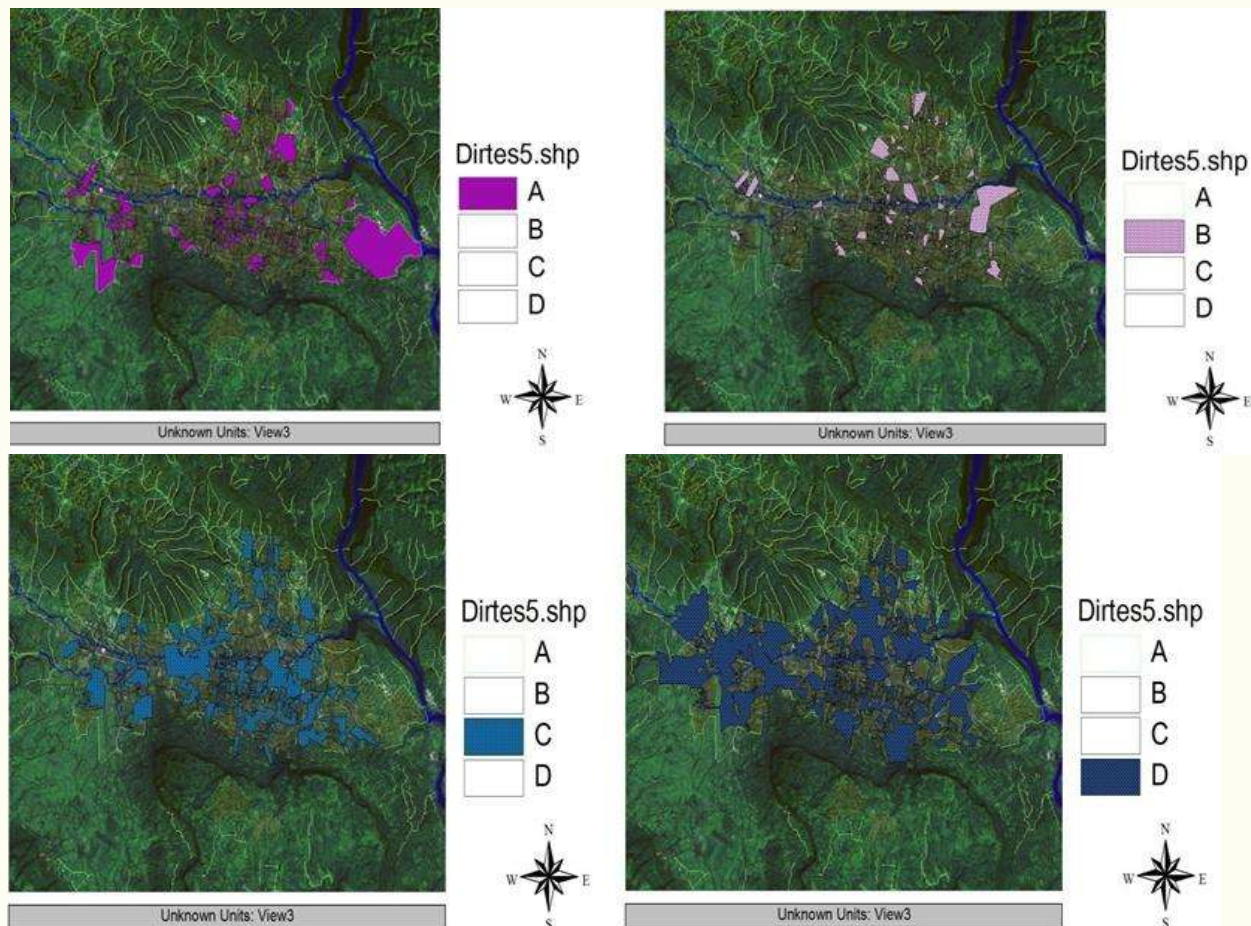


Figura 5a Vulnerabilidad A, 5b Vulnerabilidad B, 5c Vulnerabilidad C y 5d Vulnerabilidad D. Representación de la distribución de las clases de vulnerabilidad en la mancha urbana de Tuxtla Gutiérrez. (De la Cruz, González 2010)

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Entonces representa que la mayoría de las viviendas de acuerdo a el método de la UAM tienen una asignación de vulnerabilidad tipo “D” y la menor cantidad de viviendas tiene asignación tipo “B”, sin embargo la clase de vulnerabilidad más alta tiene un tercer lugar, es por eso que se presenta un panorama general de cómo está constituida la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, de los tipos de estructuras que existen en la clase de vulnerabilidad que presenta dichas viviendas.

En este trabajo investigativo se estudió la vulnerabilidad física de Tuxtla Gutiérrez, encontrando un porcentaje importante de viviendas de materiales considerables vulnerables por distintos organismos como el CENAPRED. El centro histórico de Tuxtla Gutiérrez, presenta un riesgo sísmico muy importante caracterizado por factores muy específicos y comunes a ambas ciudades como:

- La alta vulnerabilidad física de las construcciones e infraestructura,
- La alta densidad de población y marginación de la misma,
- La falta de normas de diseño y capacitación del medio de la construcción,
- El tiempo transcurrido sin la presencia de fenómenos sísmicos importantes,
- El número y cercanía de las fuentes sismogénicas asociadas con la región,
- La población y autoridades poco preparadas para enfrentar emergencias sísmicas.

El procedimiento que se plantea en este trabajo, toma en cuenta que en la mayoría de las veces no es posible realizar un inventario de toda una población, la oportunidad de contar con la información obtenida a través de encuestas directas, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, ha generado recomendaciones para evaluar la vulnerabilidad en una zona mediante encuestas a un reducido número de elementos, obtenidas mediante la aplicación de técnicas de muestreo estadístico.

Conclusiones

En gran parte el problema de las patologías que presentan las construcciones en los centros históricos de Chiapas se originan porque no existe investigación y experimentación de un nivel importante y constante, con lo cual se deriva la carencia de información para integrar reglamentos, normas y procedimientos con las particularidades que deben tenerse en cada región y se termina, en el mejor de los casos, refiriéndose a reglamentos nacionales o internacionales que no siempre dan respuesta clara a las necesidades locales y eso es una constante para la mampostería.

Tras realizar el trabajo de campo se observa que es necesario concientizar a la población, para que puedan decidir sobre lugar en donde piensen construir, así como las condiciones de suelo y el comportamiento que este presenta en las viviendas que ya tienen. Además con esta información podrán elegir los materiales con los que van a construir. Juntando estos elementos podrán ir ligando características propias de la estructura y de esa forma comprender la vulnerabilidad física que se enfrenta. Lo anterior permite reducir el riesgo de una manera prudente y coherente, así como también se les ayuda a evitar daños y como consecuencia pérdidas de diferente clase.

Agradecimiento

El autor agradece muy especialmente al CONACYT, COCYTECH y al Gobierno del Estado de Chiapas, por financiar el proyecto FOMIX CHIS-2007-007-78716. El presente documento representa un reporte de las actividades que se han realizado. También se agradece a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por el apoyo, tiempo y facilidades otorgadas a los participantes del proyecto para realizar la investigación que se presenta.

Referencias

Arellano E., Juárez H., Gómez A., Lara J. y Sánchez E. “Caracterización y clases de vulnerabilidad de edificaciones de la colonia Roma, Ciudad de México”, Memorias XIV CNIS, León, Guanajuato, México. 2003.

Barbat A. “El riesgo sísmico en el diseño de edificios”, Cuadernos técnicos 3, calidad siderúrgica, S.R.L., Barcelona, España. 1998.

De la Cruz, Y y R. González. “Determinación de la vulnerabilidad sísmica de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas” Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ingeniería, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 2010.

González R., Aguilar J. y Gómez C. “Vulnerabilidad de viviendas de adobe en Chiapas y alternativas de reparación”, Memoria del XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz, México. 2008.

Hernández R. “Estudio de vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez”, Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ingeniería, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 2005.

INEGI. “Anuario estadístico Chiapas tomo I y II”, Censo de Población y vivienda, México, D.F. 2006.

Salgado A. “Daños por sismo esperados en las viviendas tradicionales de ciertos centros históricos del sureste mexicano”, Memorias del XVCNIS, México D.F. 2005.

Sánchez T. “Vulnerabilidad y riesgo de la vivienda en México”, Seminario Edificaciones de mampostería, abril, Morelia Michoacán, México. 2005.

Notas Biográficas

El **Dr. Raúl González Herrera**. Es profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Sus áreas de investigación son vulnerabilidad por fenómenos naturales, ingeniería sísmica y mampostería estructural. Ha publicado más de 50 artículos en congresos nacionales e internacionales, así como 15 en revistas de divulgación e investigación y 3 capítulos en libros. Ha participado o dirigido más de 10 proyectos de investigación con patrocinio. Miembro del Cuerpo Académico de Riesgos Naturales y Ambientales.

Desarrollo de Software Mediante Abstracciones Gráficas

A. Medina Santiago¹, M. Pérez Patricio¹, J. L. Camas Anzueto¹, E. Valdez Alemán², F. A. Zavala Rosado³

RESUMEN-Actualmente hay programas que a partir de un conjunto de diagramas, son capaces de crear un esqueleto en código fuente, en diversos lenguajes de programación. Sin embargo, el usuario debe escribir todavía el código faltante y dominar un lenguaje de programación en que se codifica la funcionalidad de los elementos. Es posible generar un programa ejecutable sin escribir código fuente, mediante diagramas de flujo, estructuras de control y operaciones básicas. Por tanto es importante desarrollar un software capaz de diseñar y crear aplicaciones de escritorio, sin escribir código fuente, mediante el uso de elementos gráficos.

Palabras Claves-código fuente, diagrama, elementos gráficos, gramática, estructuras de control, entidades anidadas.

INTRODUCCION

El componente central de un programa es sin duda el código fuente. Este código son las líneas de instrucciones que se escriben, siguiendo reglas de sintaxis, orden y semántica, mediante el cuál se le indica al compilador las acciones que debe realizar. Para los programadores es sin duda la parte más difícil de elaborar. Un lenguaje visual, es la herramienta que te permite añadir objetos visuales (botones de comando, Cuadros de Texto, Etiquetas, Imágenes, Cuadros de Diálogo, etc.), para proporcionarle a las aplicaciones una mejor interfaz gráfica, que añade facilidad de uso al usuario final.

Existen actualmente diversos lenguajes visuales, capaces de crear robustas aplicaciones con interfaces gráficas de excelente nivel, tal es el caso de Microsoft Visual Studio .Net ó la última versión de Borland Delphi. También tenemos aplicaciones como Rational Rose (IBM) que mediante diagramas de clases, pueden generar un esquema o esqueleto vacío de código fuente.

Sin embargo, también se tienen que programar los métodos y eventos, mediante código fuente. Las estructuras de control se utilizan para controlar el flujo de ejecución de las instrucciones del código; las estructuras de control pueden ser representadas mediante elementos gráficos. Estos elementos gráficos están compuestos de líneas, flechas unidireccionales y multidireccionales, además de figuras geométricas en dos dimensiones tales como círculos, cuadros, rectángulos, rombos, etc.

A partir de estos elementos gráficos, se puede “interpretar” el equivalente código fuente que el usuario requiere, y poder generar un archivo ejecutable.

La sección 2 describe la forma de detectar los elementos gráficos para iniciar el proceso adjunto a la separación de estos elementos a una gramática además de la validación del diagrama original y finalmente como generar el archivo ejecutable. La sección 3 muestra el desarrollo lógico y físico de la Aplicación en un lenguaje de programación. En la sección 4 se muestran los resultados obtenidos trabajando directamente en la aplicación desarrollada. La sección 5 describe las conclusiones finales.

GENERAR ARCHIVO EJECUTABLE A PARTIR DE UN DIAGRAMA DE FLUJO

A.- Determinación de unidades Gráfico-Léxicas

Las estructuras de control más comunes se agrupan en: secuencia, las cuales indican el flujo y orden de los procesos a ejecutar, decisión, usadas cuando tenemos dos o más opciones a seguir lo cual depende del resultado de comparaciones, iteración, utilizadas en los casos de acciones repetitivas o cuantitativas, recursión, las cuales permiten a cierto grupo de instrucciones calcular un resultado que sirve como entrada de datos del mismo y recalculan el resultado final.

Por tanto, debemos implementar un módulo de “abstracción” de los elementos gráficos a estructuras de control. Este módulo esta basado en comparaciones con los elementos ya establecidos. Las rutinas de secuencia son como los de la Figura 1, y son los bloques bases para todos los elementos.

¹Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, cp. 29000, México, e-mail: medinas23@yahoo.com.mx

²Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec de Berriozábal, Estado de México, cp. 55210, México, evaldez@tese.edu.mx, nefitali_brito@yahoo.com.mx

³Departamento de Tecnologías de la Información, Universidad Tecnológica de Campeche Ciudad del Carmen, Campeche cp. 24381, México, e-mail: fzavala@utcam.edu.mx

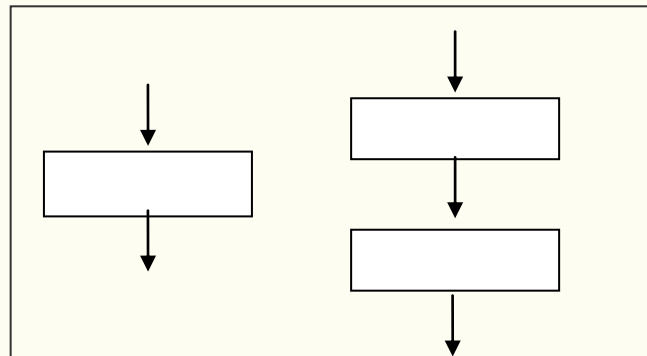


Figura 1. Estructura de secuencia

Los rectángulos representan una entidad, que puede contener una operación básica, otra estructura de control ú otra entidad.

Las flechas se utilizan para tener unido todo el diagrama, ayudando a detectar errores desde el inicio, y sobre todo marcar el flujo y orden de todos los procesos.

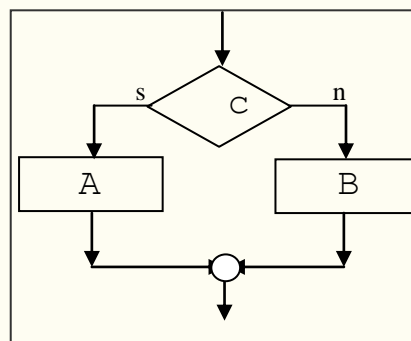


Figura 2. Estructura de decisión

Dentro de las estructuras de decisión como la de la Figura 2, tenemos principalmente al “if” y al “select case” ó también conocido como “switch”, que permite elegir entre múltiples opciones a la vez.

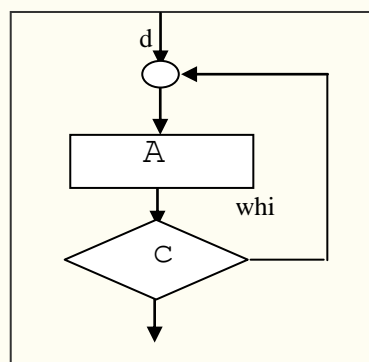


Figura 3. Estructura cíclica

Las estructuras de iteración principales son, For, While, Do – While, entre otras, conocidas generalmente como “ciclos” o “bucles”, ver Figura 3 y representan un camino secuencial que se repetirá un determinado número de veces.

En todas las estructuras, los identificadores A y B, son entidades que pueden contener una operación básica, otra estructura de control u otra entidad. El identificador C se refiere a una comparación, que puede ser simple o compuesta.

De igual forma se deben definir todos los elementos gráficos que el sistema validará. Como podemos apreciar, todas las estructuras terminan en una punta de flecha, lo que facilita la conexión entre ellas. En este proceso, debemos convertir estos elementos en oraciones o estructuras canónicas.

B.- Obtención de la gramática

El objetivo de este proceso es obtener la gramática de los elementos gráficos de ejemplo proporcionadas por el usuario.

Esta gramática servirá para interpretar y validar si todas las estructuras contenidas dentro de otras estructuras son válidas, ya que tenemos que dentro de una entidad, podemos tener una o más entidades, y así sucesivamente, es decir, tenemos estructuras “anidadas” [1, 3].

Partimos describiendo a una entidad con el símbolo, A es una asignación, E una estructura, O un conjunto de operaciones matemáticas, v el nombre de una variable, N un número y d un solo dígito numérico. Por tanto:

```
S → A | E | O
A → v = v | v = O | v = N
O → vsv | vsN | OsO | vsO | NsO | NsN
s → + | - | / | *
N → d | dN | d.N
d → 0 | 1 | 2 | ... | 9
E → IF | DO - WHILE | S
.....
```

Y así sucesivamente. Esta gramática se puede simplificar y reducir, para tenerla finalmente de forma optimizada. De esta gramática depende en gran parte el siguiente modulo de validación, por lo que se le debe asignar suficiente tiempo para diseñarla e implementarla. También se tienen que definir las equivalencias o “traducciones” de las oraciones canónicas a las líneas de código fuente del lenguaje de programación [4, 5].

C.- Validación del Diagrama

En este proceso debemos validar las oraciones obtenidas del diagrama, con la gramática obtenida. Esto con la finalidad de detectar información faltante, estructuras completas y correcta formulación de estructuras anidadas. Esto significa, que el usuario puede colocar estructuras dentro de otras estructuras, sin tener límites de nivel, y la gramática es capaz de validar estas estructuras anidadas. Esto se logra usando procedimientos normales, que recorran el árbol de la gramática a través de comparaciones y sustituciones [1, 5].

Es importante resaltar, que aunque en teoría no hay límite de estructuras anidadas, en la realidad debemos tomar en cuenta aspectos como la cantidad de memoria asignada a la aplicación, el tamaño del archivo que contiene elementos gráficos, entre otros. Ya que aunque se tenga un diagrama válido, su gran tamaño podría llegar a indicar errores sin causa aparente.

D.- Generar el Archivo Ejecutable

Al tener un conjunto de oraciones en su forma canónica, totalmente válidas en sintaxis, podemos iniciar la traducción correspondiente a su equivalencia en el lenguaje de programación. La complejidad de este modulo depende directamente de la sintaxis y reglas del lenguaje del código fuente. Por ejemplo, si el lenguaje a utilizar es Visual Basic, será menos complejo, que los lenguajes como Java ó C ++. En este proceso se “traducen” todas las equivalencias a código fuente, para generar el archivo ejecutable.

Este proceso final, depende directamente del éxito de los anteriores, ya que si se inicia con oraciones erróneas, este proceso fácilmente se puede ciclar o bloquear, y en ciertos casos, se proporcionará un archivo ejecutable fallido, que podría contener errores, o simplemente funcionar diferente al diagrama inicial que el usuario planteó.

DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

A.- Diseño

El diseño de la Aplicación se basa literalmente en el procedimiento detallado en la sección 2. Consiste en proporcionarle al usuario las herramientas visuales para poder crear un diagrama de flujo (inicio, fin, entradas, salidas, decisiones, ciclos, etc.), y permitirle unirlos mediante flechas de dirección. Conforme el usuario avanza en la formación del diagrama, se debe ir formulando el código equivalente en una matriz de arreglos [2]. Finalmente, podemos ejecutar ese código equivalente y brindar el escenario que le proporcione al usuario una visión de los resultados que arroja su diagrama de flujo.

B.- Desarrollo

La aplicación se desarrolló en Microsoft Visual Basic 6, y consta de 19 formularios, 6 módulos de clase y 8 módulos básicos. El formulario principal, ver Figura 4, muestra del lado izquierdo la barra de herramientas que representan las estructuras del diagrama de flujo. Estas estructuras se pueden seleccionar para ir creando el diagrama deseado. El menú principal contiene las opciones de administración de archivos más comunes tales como, abrir, guardar, salir, etc. Todo el espacio disponible, se puede utilizar como área de trabajo para elaborar los diagramas de flujo.



Figura 4. Pantalla principal

Creación del Archivo Ejecutable

Para crear el archivo ejecutable, primero creamos un archivo de texto, que contendrá la interpretación de las estructuras dibujadas, esto es, propiedades, atributos y las conexiones entre ellas. Esta información se va formando y/o actualizando, conforme el usuario realiza cambios en el diagrama de flujo. Esta misma información es la usada para guardar el diagrama en archivo, para su uso posterior. Por último, simplemente tomamos una copia del archivo ejecutable de nuestro sistema, y lo guardamos con el nombre que el usuario proporcione, con la única diferencia, que el programa no mostrará la interfaz principal, sino simplemente, la ventana de ejecución, con los resultados programados en el diagrama de flujo.

RESULTADOS

La aplicación, instalada en un equipo de cómputo de medianas características, deberá ejecutarse sin ningún problema. Se presentan dos ejemplos característicos a las que fue sometida la aplicación.

Ejemplo

Se dibujó el diagrama de flujo de un programa que solicite un número entero e identifique si el número es positivo o negativo. Primero se dibujó el diagrama de flujo, ver Figura 5, mediante las herramientas que representan las estructuras. Cabe mencionar, que el diagrama no necesariamente debe tener esa forma ni contener el mismo número de estructuras para producir el mismo resultado.

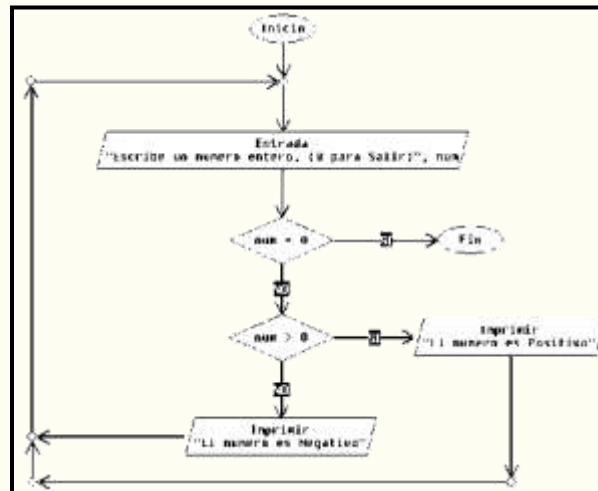


Figura 5. Diagrama de Flujo de nivel básico

Se guardó el archivo en el disco duro, y se ejecutó, obteniendo los resultados de salida mostrados en las Figuras 6 y 7.

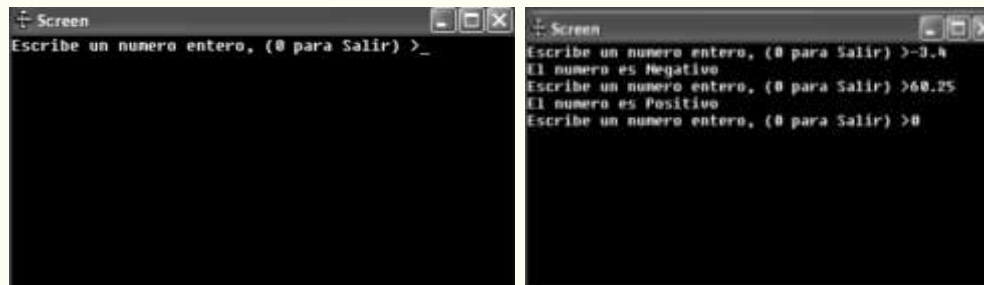


Figura 6. Inicio de la Ejecución del Diagrama de Flujo, Figura 7. Ejecución del Diagrama de Flujo

Se muestra claramente que los resultados son los esperados, pues en la pantalla se imprimen resultados correctos acorde a lo que el usuario escriba.

Rendimiento Real

Para justificar la factibilidad de la aplicación, se desarrollaron tres proyectos de nivel básico y tres de nivel intermedio. Esto se realizó de dos maneras, escribiendo el código fuente en un compilador genérico de C++, y la otra, dibujando el diagrama de flujo en la aplicación. Para no dar ventajas a ninguna parte, primero se diseñó el algoritmo de los 6 ejemplos, y a partir de ahí, se contabilizaron los tiempos de desarrollo. Los resultados se muestran en la Figura 8.

Se tienen que tomar en cuenta, que los tiempos mostrados en la gráfica de la Figura 8, fueron logrados por personas con conocimientos intermedios de programación. Es válido cuestionar estos resultados si tomamos en cuenta que existen variables que alterarían hasta en un 30 % los tiempos mostrados. Tales variables son: nivel de conocimiento de programación del usuario, el compilador y lenguaje de programación seleccionado, facilidad del usuario para escribir y/o dibujar, entre otros.

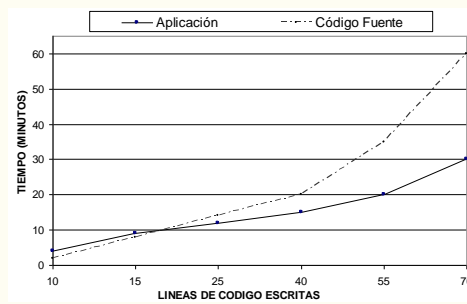


Figura 8. Gráfica comparativa de rendimientos

En los puntos graficados, la coordenada x corresponde al número de líneas de código fuente, y la coordenada y representa el tiempo. Por lo cual tenemos 6 puntos coordinados que corresponden a los 6 ejemplos de prueba. Utilizando el paquete matemático MatLab 6.5, podemos obtener un polinomio que aproxime la curva de la Figura 14. Haciendo uso de la instrucción polyfit y utilizando el método de aproximación de mínimos cuadrados obtenemos:

$$T(n) = 0.0003n^3 - 0.032n^2 + 1.2994n - 5.6398 \quad \dots\dots (1)$$

Donde n representa al número de líneas de código fuente y T representa el tiempo empleado en obtener el archivo ejecutable a partir del diagrama de flujo. También se puede apreciar que el polinomio es de tercer grado. Se puede obtener otra función de mayor grado, y por consecuente mayor precisión, pero la dificultad de evaluación también crece, por lo que no se recomienda.

CONCLUSION

En este artículo he presentado un procedimiento para que a partir de un diagrama de elementos gráficos, se pueda obtener una aplicación o archivo ejecutable específico, mediante abstracciones gráficas de los elementos individuales. Esto permitirá a los programadores ahorrar tiempo y esfuerzo, al momento de escribir sus programas, sobre todo a los principiantes. Hay que realizarle pruebas exhaustivas después del diseño al sistema, para observar sus resultados reales, y así poder liberar el sistema con resultados cualitativos.

REFERENCIAS

- [1] Elsa Barruecos Rodríguez, Elaboración de Gramáticas en Sistemas Evolutivos Generador de Esquemas lógicos de Bases de Datos, (Seminario de Titulación), INP- UPIICSA 1988.
- [2] Jesús Manuel Olivares C., Programación Orientada a Objetos utilizando JAVA, Diapositivas informativas. IPN- UPIICSA, 2005
- [3] James Noble and Robert Biddle, Program Visualization for Visual Programs, Computer Science, Victoria University of Wellington 1998.
- [4] Norman Murray, Norman Paton and Carole Goble, KalNdoquery: A Visual Query Language for Object Databases, Department of Computer Science, University of Manchester. Oxford Road, Manchester, M 13 9PL, UK.
- [5] Frederic Van de Veire, Przemyslaw Szmaj, Jaroslaw Francik, Siamoa - A System For Visual Programming, Program Visualisation And Debugging, University of Sciences and Technologies of Lille, France, Technical University of Silesia, Gliwice, Poland.

AUTORES

D. en C. Alejandro Medina Santiago obtuvo el título de doctor en ciencias en la especialidad de ingeniería eléctrica en el diseño de circuitos integrados para redes neuronales y lógica difusa.

D. en C. Madain Pérez Patricio obtuvo su título de Doctor en Computo.

D. en C. Jorge Luis Camas Anzueto obtuvo el título de Doctor en Ciencias en la especialidad en Óptica.

M. en C. Eva Valdez Alemán obtuvo su título de maestra en ciencias de la educación en la especialidad de diseño curricular.

Ing. Francisco Alberto Zavala Rosado obtuvo su título de ingeniero en sistemas computacionales con la especialidad de diseño de software.

Modelo General de seguimiento de un sistema de Gestión de Calidad, basado en la Norma ISO 9001 - 2000 para la industria curtidora

M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero¹, Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez², Dr. Miguel González Valadez³ y Dra. Alma A. Camacho Pérez⁴

Resumen— En la actualidad, muchas empresas han implantado o están en proceso de implantación de Sistemas de Aseguramiento de la Calidad basados en la familia de normas ISO 9000, que son de aceptación internacional aumentando así las posibilidades comerciales de las mismas ante cientos de clientes o mercados, sin embargo algunas empresas curtidoras no inician el proceso de implantación de sistemas de aseguramiento de calidad en su empresa, debido a que encuentran complicaciones en el proceso de implantación de dichos sistemas, por lo que la Industria curtidora necesita tener como base un modelo de un sistema de calidad para su crecimiento y desarrollo a nivel nacional e internacional, ya que la efectividad de un sistema de calidad se ve reflejada en la satisfacción del cliente. Con el propósito de conocer más a fondo la problemática planteada se ha realizado una investigación descriptiva en las empresas curtidoras, en la cual se observan las situaciones ya existentes, con el propósito de describir las variables involucradas y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado y como resultado de esta investigación se desarrolló un Modelo General de Seguimiento propuesto para un Sistema de Administración de la Calidad basado en la norma ISO 9001-2000 para las empresas curtidoras. La aportación principal de esta investigación será facilitar el proceso por el cual tiene que pasar la industria curtidora para la obtención de un Sistema de Calidad en su empresa, con la intención de mejorar la posibilidad de las industrias curtidoras de abrirse a nuevos mercados nacionales e internacionales.

Introducción

Muchas empresas han implantado o están en proceso de implantación de Sistemas de Aseguramiento de la Calidad basados en la familia de normas ISO 9000, que son de aceptación internacional, aumentando así las posibilidades comerciales de las mismas ante cientos de clientes o mercados. En este sentido se debe considerar que los requisitos de las normas ISO 9000 son un común denominador al que deberían aspirar todas las industrias, independientemente del sector al que pertenezcan. Debido a lo anterior mencionado, se propone este trabajo que intenta llenar un vacío existente en el área de calidad en la Industria Curtidora de la ciudad de León, Guanajuato, y así poder facilitar, a través del modelo propuesto, el proceso de preparación para la obtención de un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma ISO 9001:2000.

Palabras claves— Norma ISO 9001-2000.

Antecedentes

En la ciudad de León, existen alrededor de 800 empresas Curtidoras registradas en la cámara de la Industria de la Curtiduría del Estado de Guanajuato, cuyas siglas son CICUR, de las cuales se consideran pequeñas(180), medianas(600) y grandes(20), éstas van desde 40 hasta 300 empleados. Sin embargo, a pesar de ser ésta una de las principales actividades de la población de la ciudad, la mayoría de las empresas trabajan de manera desordenada, sin contar con una organización específica, y mucho menos pensar en un determinado sistema de Calidad.

Método

Problema de investigación.

La industria curtidora representa un sector industrial poco explorado en el campo de los Sistemas de Calidad, sin embargo, en la actualidad, la apertura de México a las Normas de Calidad Internacionales, específicamente a la Norma ISO 9000 es mayor y el interés que tienen las empresas por mejorar la forma de trabajo y por consiguiente sus productos y servicios para poder tener mayor oportunidad tanto Nacional como Internacionalmente; pero a pesar del interés que se tiene, la manera de

¹ M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero, es alumna de doctorado del Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado de León (CIATEC A.C.), Gto. México y docente del CBTIS 198 de Celaya, México ramirezzapatero@yahoo.com.mx

² Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez es Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya., México. asanchez@itc.mx

³ Dr. Miguel González Valadez, es Investigador del Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Querétaro, A.C. (CIATEQ, A.C.), Qro. México, miguel.gonzalez@ciateq.mx

⁴ Dra. Alma Adriana Camacho Pérez, es Profesor-Investigador del Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado de León, A.C. (CIATEC, A.C.), Gto. México, acamacho@ciatec.mx

comenzar a trabajar en un Sistema de Calidad es muy complicado y revoltoso para este sector de la Industria, ya que no cuentan con trabajos previos que puedan orientar sobre el tema, por lo que el problema de estudio se ha definido de la siguiente manera:

Desarrollar un modelo general de seguimiento de un Sistema de Gestión de Calidad basado en la Norma ISO 9001 versión 2000 para la Industria Curtidora.

Delimitaciones y alcances.

El estudio está delimitado a un sector de 30 tenerías, (muestra no probabilística) que se encuentran en la ciudad de León, Guanajuato, entre las cuales se escogieron 10 pequeñas, 10 medianas y 10 grandes, son consideradas así de acuerdo a la cantidad de ventas que tienen (nacionales e internacionales), capital invertido y personal que labora en ellas, además de que algunas de estas empresas ya han comenzado a trabajar con algún sistema de calidad. En cuanto al alcance de este trabajo, se pretende que sea para la Industria curtidora de la ciudad de León Gto.

Objetivo general:

Desarrollar por medio de una investigación documental y de campo un modelo de sistema de administración por calidad, fundamentado en los estándares internacionales de la Norma ISO 9001 versión 2000 para la industria curtidora.

Objetivos específicos:

- Definir la estructura documental del sistema de Gestión de Calidad.
- Definir el enfoque de procesos según ISO 9001 versión 2000.
- Definir la importancia de los planes de Calidad para el Control de los Procesos.
- Definir y delimitar los indicadores según ISO 9001 versión 2000.

Aportación a la industria:

La aportación de esta investigación será facilitar el proceso por el cual tiene que pasar la industria curtidora para la obtención de un Sistema de Calidad, esto a través de un modelo el cual traerá consigo una administración más sistematizada que permita la reducción de costos por calidad (quejas, reprocesos), aumento de la posibilidad de abrirse a nuevos mercados tanto en México como en el extranjero, además del prestigio y reconocimiento nacional e internacional.

En la actualidad no se cuenta con ningún trabajo (a nivel nacional) que sirva como base para el desarrollo de un Sistema de Calidad para la Industria Curtidora.

Hipótesis General.

La Industria curtidora necesita tener como base un sistema de calidad para su crecimiento y desarrollo a nivel nacional e internacional

Hipótesis de trabajo.

- La efectividad de un sistema de calidad se ve reflejada en la satisfacción del cliente.
- Un sistema de calidad proporciona a la compañía la atención sobre el control integrado y continuo de todas las actividades que son clave para la Organización.
- En una empresa, las actividades clave que están documentadas, aseguran las acciones necesarias para la calidad en todas las operaciones de la empresa.

Diseño utilizado

Población y Muestra.

Población: Está representado por el total de las empresas curtidoras de calzado de la ciudad de León, Gto.

Muestra; Son todas las empresas investigadas y fueron tomadas de un listado proporcionado por la CICUR y se muestran en la tabla 1. Las empresas se encuentran ordenadas de acuerdo con la siguiente categoría:

- a) *Pequeñas* De 16 a 100 empleados
- b) *Medianas* De 101 a 250 empleados y
- c) *Grandes* más de 251 empleados

Instrumentos aplicados y Técnica

Recolección de datos

El instrumento de medición que se utilizó para la recolección de datos en este estudio es un cuestionario (Anexo A).

Validación del cuestionario:

El cuestionario fue validado antes de su difusión a las empresas involucradas; la validación fue realizada por 3 expertos en el tema de Sistemas de Gestión de Calidad y en la Industria Curtidora.

Modelo propuesto

En la figura 1 se presenta el modelo propuesto.

Grandes	Medianas	Pequeñas
* Abamia	* Central Int de Cueros S.A. de C.V.	* Curtidos Velásquez
* Cuiaba	* Cromocueros de Leon	* Curtidos Supremos de León
* Le Farc curtiduría	* Cueros Industrializados del bajo	Curtidos Temola
* CIMA curtidoría	* Cueros maquilados S.A. de C.V.	Curtidos Romo
* Concurmex S.A. de C.V.	* Curtiembres	Curtidos Buhos S.A. de C.V.
* Cuero Centro Export S.A de C.V.	* Cuero Rey S.A. de C.V.	Curtidos Caribu S.A.
* WYNY	* Curtidos Treviño	Curtidos JV S.A. de C.V.
* Cueros y Taninos S.A. de C.V.	Curtidos Modernos S.A. de C.V.	Curtidos Bisonte S.A. de C.V.
* Curtidos y acabados Kodiak S.A. de C.V.	* Tenería Europa	Curtidos Bengala S.A. de C.V.
* Curte suelas S.A. de C.V	* Curpiel	Curtidos Vera S.A. de C.V

Tabla 1. Empresas de estudio.

Fuente: CICUR

Modelo propuesto

Metodología de implantación Propuesta

La forma en la que se validó el modelo propuesto fue la siguiente:

1. Modelo y metodología propuestas enviadas a expertos (personal de validación).
2. Estudio del modelo y la metodología por parte de expertos.
3. Opiniones del personal de validación para el modelo y la metodología.
4. Modificaciones al modelo y a la metodología propuestas con los comentarios de los expertos.

A continuación se mencionan cada uno de los pasos del modelo.

- a) Decidir por parte de la dirección de la Organización..
- b) Elaborar el plan de actuación
- c) Comunicar y Formar al personal
- d) Definir la documentación
- e) Preparar la documentación requerida
- f) Implantar la documentación
- g) Validar la documentación
- h) Revisar el sistema.
- i) Obtener la Certificación.: Para la selección del Organismo Certificador se recomienda lo siguiente:
 - Seleccionarlo de por lo menos 3 opciones.
 - Solicitar una pre auditoria.
 - Recordar que no se debe seleccionar ni el más caro ni el más barato de los grupos certificadores.

Después de la certificación se realizan varias auditorias llamadas de seguimiento por parte del organismo certificador con el fin de saber si el sistema de calidad continua en constante mejora.

Validación del modelo: La Validación que se realizó en este estudio fue tanto del modelo propuesto como de la metodología y fue realizada por 3 expertos en el tema, tanto de la Industria de la curtiduría como de los Sistemas de Gestión de la Calidad.

Las empresas que participaron para la validación de este trabajo fueron:

- a) Cuinba. S.A. de C.V
- b) Grupo Calinter S.A. de C. V.
- c) Cuero Centro Export S.A. de C.V

CONCLUSIONES.

Como el modelo propuesto pretende que las empresas del ramo curtidor tengan una guía que les permita facilitar el camino para la obtención de un sistema de calidad basado en la norma ISO 9001:2000, se incluyeron los puntos más importantes

que se consideraron de acuerdo al marco metodológico, siendo estos la aportación principal del estudio. Las sugerencias que el grupo de validaciones hizo para mejorar el modelo y la metodología fueron las siguientes: Para el modelo:

- Como último punto realizar un ciclo en el cual tenga que ver la revisión del sistema con la mejora continua después de ésta.

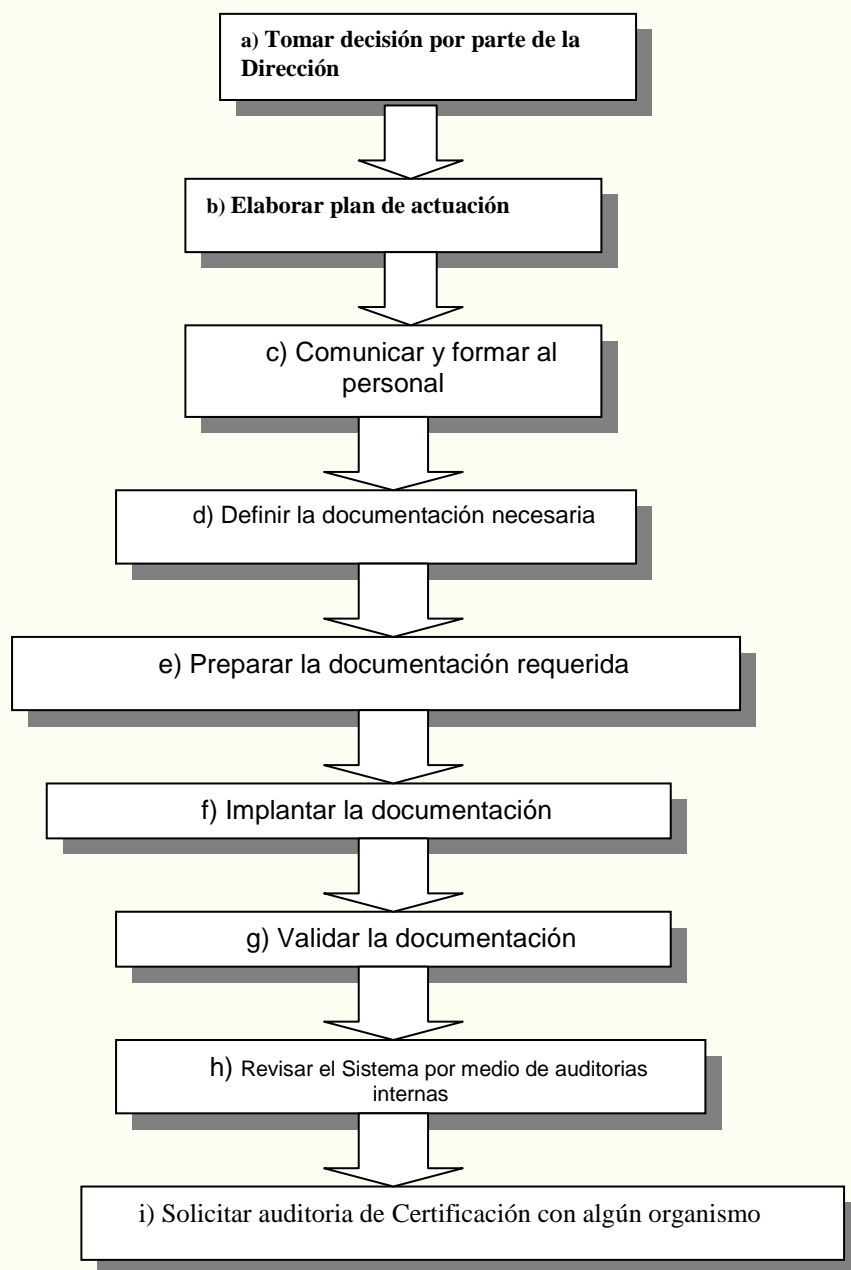


Figura 1 Modelo propuesto para un Sistema de Administración de la Calidad.

Fuente: Elaboración propia

Anexo A

Instrumento de Evaluación

Instrucciones.

a) **Por favor conteste las preguntas abiertas lo más claro posible.**

b) **En las preguntas cerradas marque con una X la opción que elija.**

1. Nombre de la empresa en la que labora _____

2. Cantidad de empleados en la empresa _____

3. Puesto que ocupa dentro de la empresa _____

4. Tiempo que tiene laborando para la empresa _____

5. ¿Qué es para usted la Calidad? _____

6. ¿Qué importancia tiene la calidad en su empresa? _____

a) Mucha _____

b) Poca _____

c) Nada _____

7. Mencione 3 de los objetivos más importantes de su empresa. _____

8. ¿Qué tan importante es el cliente para su empresa? _____

a) Mucho _____

b) Poco _____

c) Nada _____

9. En su empresa ¿existe alguna metodología para la resolución de problemas? _____

a) Sí _____

b) No _____

10. Si su respuesta a la pregunta anterior fue Sí, mencione cuál(es) metodología(s) utiliza. _____

11. ¿Utiliza procesos de mejora de la calidad en su empresa? _____

a) Sí _____

¿Cuáles? _____

b) No _____

11. ¿La empresa en la que labora cuenta con un sistema de calidad? _____

a) Sí _____

b) No _____

* Nota: Si su respuesta a la pregunta anterior fue Sí, continuar con las preguntas, si su respuesta fue No pasar a la pregunta 18.

12. El sistema de Calidad con el que cuenta su empresa es: _____

a) Guanajuato para la Calidad _____

b) ISO 9000 versión 1994 _____

c) ISO 9001 versión 2000 _____

d) Otro (anotarlo) _____

14. ¿En que fase se encuentra su sistema de Calidad? _____

a) Capacitación al personal _____

b) Inicio de documentación _____

c) Fin de documentación _____

d) Inicio de Implantación _____

e) Auditoria de Certificación _____

f) Auditorias de seguimiento _____

g) Otra (anotar) _____

15. Enumere de mayor(1) a menor(6) las actividades que han resultado más complicadas o difíciles en toda la organización para poder llegar hasta la fase en la que se encuentra su sistema de calidad. _____

a) _____ Capacitación del personal

- b) _____ Determinación de los objetivos de la empresa
- c) _____ Documentación de las actividades
- d) _____ Implantación del sistema
- e) _____ Auditorias
- f) _____ Otra (anotar)_____

16.¿Existe alguna diferencia en su organización antes y después del sistema de calidad?

- a) Sí_____
- b) No_____

17.¿Cree que exista algún cambio para con el cliente antes y después del sistema de calidad?

- a) Sí_____

¿Por qué?_ _____

No_____

¿Por qué?_ _____

Nota: Por favor pase a la pregunta No. 19.

18.Puede explicar ¿por qué su empresa no cuenta con un Sistema de Calidad?

ANEXO B.

En la tabla 3 se muestra la Matriz de las respuestas obtenidas codificadas.

Referencias

- [1].- Armand V. Feigenbaum, “Control total de calidad”, Editorial CECSA
- [2].- Frank Price, Calidad permanente, Editorial Panorama. México D.F. 1993.
- [3].- Guy Laudoyer, La certificación ISO 9000 Un motor para la calidad, Editorial CECSA
- [4].- Philip B. Crosby, Hablemos de Calidad, Editorial McGraw-Hill
- [5].- Roberto Hernández Sampieri, Fernández Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar, Metodología de la Investigación, Editorial McGrawHill
- [6]. Sergio A. Novelo Rosado, El mito de la ISO 9001:2000., Editorial Panorama
- [7].- W.Edwards Deming, Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis., Editorial Díaz de Santos S.A.

Preguntas	EMPRESAS																						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2	2	2
10	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
11	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2
12	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
13	3	2	0	0	2	1	3	0	0	0	0	2	0	1	1	1	1	0	0	4	4	0	0
14	2	7	0	0	3	1	5	0	0	0	0	6	0	5	4	4	1	0	0	5	2	0	0
15	3	4	0	0	3	5	1	0	0	0	0	1	0	3	4	4	3	0	0	4	4	0	0
16	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
17	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
18	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1

Preguntas	EMPRESAS						
	X	Y	Z	A	B	C	D
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1
9	2	1	2	2	2	1	2
10	0	1	0	0	0	1	0
11	2	1	2	1	2	1	2
12	2	1	2	2	2	1	2
13	0	3	0	0	0	4	0
14	0	1	0	0	0	2	0
15	0	1	0	0	0	3	0
16	0	1	0	0	0	1	0
17	0	1	0	0	0	1	0
18	1	0	0	1	1	0	1

Tabla 3 Matriz de las respuestas obtenidas codificadas.

Libro electrónico de teleproceso y redes locales

M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero¹, Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez², Dra. Alma A. Camacho Pérez³ y M.C. Fredy Jiménez Rojas⁴

Resumen— El conjunto de necesidades que justifican el uso de una red local, abarca desde un análisis previo del equipo con que se cuenta, ver la necesidad de compartir información y recursos, la necesidad de comunicaciones locales (o remotas), el acceso hacia otros equipos; tener un conocimiento de los elementos que conforman una red local desde los protocolos, topologías, medios físicos de transmisión y dispositivos especiales de conectividad. Todo esto requiere de un estricto orden y un buen nivel de conocimientos sobre las redes locales para poder llegar a obtener una solución correcta.. El libro electrónico que se presenta tiene una metodología propuesta que nos proporciona un orden, control y seguimiento del proceso; para facilitarnos la toma de una decisión, logrando de esta forma la opción correcta de conectividad, además que nos ayuda para la toma de decisiones en cuanto a la creación de redes locales, nos brinda una solución de acuerdo a nuestras necesidades, y con la ayuda del software se desarrolla el presente trabajo.

Introducción

En la mayoría de las empresas cada empleado tiene la disponibilidad de utilizar una computadora personal para realizar su trabajo. El mercado ha tenido un gran avance en el aspecto tecnológico, desde hace unos años, el uso de las computadoras personales se volvió más popular surgiendo la necesidad de tener la facilidad de compartir información entre ellas, nace el concepto de red local. Hoy en día, las redes locales han tenido un gran auge y éxito, por lo que todas las computadoras, sin importar su arquitectura, interconectadas entre sí están compartiendo información y recursos, como algo normal.

De esta idea damos principio al desarrollo de este manual, titulado “Redes Locales, conceptos e instalación” debido a que el objetivo general del mismo, es proporcionar una serie de herramientas que sirvan como base fundamental para lograr la conectividad de equipos de cómputo.

Palabras claves— Redes locales.

Contenido

Antecedentes

Las redes de telecomunicación actuales son el fruto de una continua evolución propiciada por el avance en el campo de la ciencia y de la tecnología. Buena parte de ello lo constituye el *telégrafo*.

Las redes telegráficas; Surgen en Norteamérica al mismo tiempo que el ferrocarril marcó un gran hito tecnológico en el campo de las comunicaciones al permitir la comunicación directa entre Europa y América en 1858. En los primeros equipos se usaba el código Morse. En la actualidad se utilizan equipos similares a las máquinas de escribir, llamados *teletipos*, que permiten la comunicación directa usando el lenguaje natural, llamándose servicio *telex*.

Las redes telefónicas: En 1876, tan solo treinta y dos años después de que se instalara la primera línea telegráfica entre Washington y Baltimore, el padre del teléfono Alexander G. Bell patentaba su invento. Inicialmente el teléfono (que permitía la comunicación bidireccional de la voz entre lugares situados a poca distancia), se desarrolló como medio de comunicación en áreas urbanas, puesto que tan sólo podría cubrir cortas distancias.

Conceptos generales

Red: Una red es un conjunto de dispositivos (computadoras, terminales, periféricos y medios de transmisión de datos) interconectados en un ambiente computacional, para compartir información y recursos informáticos.

Una RED de cómputo esta integrada por tres elementos:

- 1.- Un conjunto de computadoras que proporcionan los servicios de cómputo.
- 2.- Una subred de comunicaciones, que se encarga de la comunicación de datos entre computadoras.

¹ M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero, es alumna de doctorado del Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado de León (CIATEC A.C.), Gto. México y docente del CBTIS 198 de Celaya, México. ramirezzapatero@yahoo.com.mx

² Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez es Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya., México. asanchez@itc.mx

³ Dra. Alma Adriana Camacho Pérez, es Profesor-Investigador del Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado de León, A.C. (CIATEC, A.C.), Gto. México, acamacho@ciatec.mx

⁴ :M.C. Fredy Jiménez Rojas, es Profesor del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya., México, jfredy@itc.mx

3.- Un conjunto de protocolos para la comunicación de datos.

Clasificación de redes

Por su distribución geográfica, las redes se clasifican en:

- a) Redes locales LAN's (Local Area Networks),
- b) Redes de área metropolitana MAN's (Metropolitan Area Networks). Las redes locales son las que se encuentran instaladas dentro de un edificio y pueden estar interconectadas. Las redes de área amplia unen puntos de varias ciudades y hasta del mundo. Un tipo de red intermedio son las redes de área metropolitana MAN's (Metropolitan Area Networks), las cuales unen edificios contiguos o muy cercanos entre sí.
- c) Redes de cobertura amplia o WAN's (Wide Area Networks) y

Componentes de una red

Una red de área local (LAN) combina **hardware** y **software** especiales, donde las estaciones de trabajo (COMPUTADORAS) individuales están unidas físicamente por medio de CABLES, usualmente coaxiales o de par trenzado, y que haya algún SOFTWARE DE RED, residente en disco duro, que permita compartir periféricos, datos y programas de aplicaciones.

Planeación de la instalación

Los requerimientos que tiene una red dependen definitivamente de las necesidades del usuario y una parte muy importante a considerar es el Sistema Operativo de la Red que se va a seleccionar. En la planeación de la instalación se debe considerar los siguientes elementos, condiciones y

- **Instalación de las estaciones de trabajo de la red:** Se debe planear el equipo de cómputo que se va a instalar y se debe analizar cuidadosamente cómo se va a utilizar, antes de tomar una decisión de instalación o cambio.

- **Servidores de la red:** El server o servidor es el elemento más importante dentro de una red. La mejor máquina que se tenga debe de utilizarse como tal.

- **Tarjeta:** Depende del tipo de red seleccionado y dentro del mismo tipo se puede optar por algunas tarjetas.

- **Sistema portador:** Varía de acuerdo al tipo de red, aunque ya se ha mencionado que es recomendable el cable coaxial delgado o grueso o twisted par (par trenzado).

- **Repetidores:** De acuerdo a la distancia entre los nodos de la red; ocasionalmente se requieren repetidores que establezcan la señal; esto también depende del sistema portador que se este utilizando, pues alguno soportan mucha distancia como la fibra óptica mientras que otros solo soportan distancias de 300 o 500 metros como el cable coaxial.

- **Instalación del software:** El software también debe de funcionar en todas las estaciones de trabajo de la red.

- **Análisis de necesidades (inspección física y recomendaciones):** Cuando se propone planear la instalación de una red de computadoras, el primer paso y de igual manera que la misma importancia, es la "inspección física", donde va hacer instalado el equipo para la red.

- **Condiciones ambientales:** Las condiciones ambientales que se indican a continuación se recomienda observarlas en todos los lugares donde haya equipo de cómputo, pero por lo menos debe prevalecer (obligatoriamente) donde el equipo servidor se va a encontrar.

- **Instalación eléctrica:** El circuito utilizado para la alimentación, debe ser un circuito independiente, exclusivo para la alimentación de la red y no se vea afectado por el consumo de otros equipos. Se recomienda que se tenga un regulador al menos por cada equipo o bien un UPS para regular la corriente. Esta última opción es la más recomendable.

- **Instalación de la tierra física:** Para la instalación de la tierra física existen varias recomendaciones.

- **Instalación del cableado:** Para el tendido del cable para interconectar la red. Se recomienda que los ductos por donde el cable pasa, esté oculto; con el fin de que los cables interfieran lo menos posible con las actividades diarias del departamento.

- **Alimentación eléctrica:** Para el caso de una red local, es muy importante contar con voltaje regulado y también con una buena instalación de tierra física. esto se debe de cumplir para cada una de las estaciones de trabajo y no nada más para el servidor.

- **Equipo de diagnóstico:** En una red de pocos usuarios es fácil detectar fallas en el cableado, o un cable abierto; pero en una red de muchos usuarios, esta detección se convierte en una tarea muy difícil; ya que, por lo general; hay que recorrer todo el trayecto.

- **Instalación y configuración de estaciones de trabajo:** En esta etapa se configuran las estaciones de trabajo que formarán parte de la red. Estas estaciones de trabajo son microcomputadoras, a la cual se le instala y configura una tarjeta de comunicaciones. Además del software de comunicaciones en red para PC; con los cuales puede tener acceso a los servicios de impresión y a las sesiones remotas en e ambiente multiusuario.

- **Instalación de periféricos:** En esta etapa se le configura al nodo servidor, tanto el servicio de impresión como el servicio de comunicaciones y se le instalan los periféricos que harán posible estos servicios (impresoras, plotter, modem).

- **Instalación de programas de aplicación:** Se instalan los programas de aplicación que serán utilizados por los usuarios de las diferentes estaciones de trabajo.

- **Pruebas de aceptación:** En esta etapa se realizan las pruebas de funcionalidad en cada una de las estaciones de trabajo; se verifica que todas las estaciones de trabajo estén bien configuradas y que tengan acceso a los servicios que ofrece el nodo servidor.

- **Capacitación de usuarios:** Finalmente, al terminar todo el proceso de instalación, se requiere que el personal encargado de la administración de la red tenga un panorama general sobre los servicios que ofrece la red; y los cuidados que requiere, para que de esta manera pueda asesorar a los usuarios finales. Por tal motivo, al final se realiza una plática sobre el uso del equipo de cómputo; en el ambiente de red y se realizan demostraciones sobre los servicios que ofrece este ambiente

Otros elementos utilizados en la instalación de una red.

Terminador: Un terminador son los elementos que son colocados en los puntos del cable Ethernet; uno de ellos debe ser normal y el otro debe ser aterrizado.

Repetidor: Un repetidor es empleado cuando se necesita tener una mayor distancia en el mismo segmento del cable. Los segmentos continuos se unen con el repetidor. El repetidor debe colocarse en una de las puntas del cable Ethernet.

Interconector: Es un elemento que se une a dos segmentos de cable Ethernet para hacerlo uno solo; y es usado en el caso en el que un solo segmento no sea suficiente para llegar al punto en donde se encontrará la siguiente PC.

Proceso de Instalación de una red local

Es necesario contar con los componentes de hardware para formar la red estos se encuentran disponibles procedentes de diversos fabricantes. Los componentes de hardware necesarios son:

- Las estaciones de trabajo (computadoras) que cuentan con las especificaciones requeridas, lo que proporciona confiabilidad y un rendimiento, dependiendo de las aplicaciones para lo cual se requieren.

Los servidores; se trata de estaciones de trabajo que contienen el software de gestión y mantenimiento de la red. Por su forma de trabajo existen dos tipos de servidores: a) Dedicados (Es aquel que únicamente se ocupa de la gestión de toda la red. Al dedicarse todos los recursos) y No dedicados (Es aquel que, además de ocuparse de la gestión de la red, pueden utilizarse como estación de trabajo)

Cableado: Para redes locales se suele utilizar los cables de pares trenzados o coaxiales, debido a que no son caros y dan buen rendimiento. Aunque también existen los cables de fibra óptica.

Topologías de una red LAN: La topología de una red local determina la forma en que las diversas estaciones estarán interconectadas. A continuación se mencionan las topologías más usadas en las redes de área local: Punto a punto, multipunto, red estrella, red anillo, red bus, red malla, Para establecer la topología de una red, el diseñador debe de hacer varios planteamientos antes de decidir por la topología adecuada para su red.

Protocolos de red: Una vez interconectadas las computadoras a través de un medio de transmisión, las estaciones pueden intercambiar datos entre sí. Sin embargo, para permitir el mejor aprovechamiento de este medio, se hace necesario un método de acceso que controle la disciplina aceptada por las estaciones al acceder al medio de transmisión. Como es de esperar, cada método de acceso está asociado, en general, a un determinado tipo de topología y medio de transmisión.

Una vez instalado y configurado el hardware del servidor, tarjeta de video, cableado, comunicaciones, se procede a instalar el software que manejará dicho hardware.

Software de red: Interviene el SISTEMA OPERATIVO DE RED, este software se conoce como Sistema Operativo de Red (NOS: Network Operating System). El NOS como todo sistema operativo, además de administrar los recursos de una red y sus usuarios; debe permitir métodos de trabajos sencillos, claros y seguros, que faciliten la utilización y explotación de una red. Entre ellos tenemos a **Windows 95**.

CONCLUSIONES.

Una red local es el mejor medio para interconectar computadoras de diferentes arquitecturas y así solucionar problemas de incompatibilidad de equipos; lo cual nos limitaba a tener el aprovechamiento total de todos nuestros recursos de cómputo. Una red local nos permite tener múltiples plataformas como Unix, VMS, DOS e IBM, conviviendo bajo un ambiente común.

El conjunto de necesidades que justifican el uso de una red local, abarca desde un análisis previo del equipo con que se cuenta, ver la necesidad de compartir información y recursos, la necesidad de comunicaciones locales (o remotas), el acceso hacia otros equipos; tener un conocimiento de los elementos que conforman una red local desde los protocolos, topologías, medios físicos de transmisión y dispositivos especiales de conectividad. Todo esto requiere de un estricto orden y un buen nivel de conocimientos sobre las redes locales para poder llegar a obtener una solución correcta.

Seguir una metodología nos brinda un mejor control, manejo y seguimiento del problema, facilitándonos la resolución del mismo. La metodología propuesta nos proporciona un orden, control y seguimiento del proceso; para facilitarnos la toma de una decisión, logrando de esta forma la opción correcta de conectividad. La metodología es una ayuda para la toma de decisión, más no nos brinda una solución de acuerdo a nuestras necesidades, ya que es muy difícil dar una solución única y óptima a nuestros requerimientos debido a la gran variedad de productos tanto de software como de hardware en el mercado.

Referencias

- [1].- Andrew S. Tanenbaum, “ Redes de ordenadores “, Prentice Hall-Hispanoamericana, S.A.
- [2].- Bennet Falk, “ El mapa de rutas de internet”, Ventura Ediciones, S.A. de C.V.
- [3].- David Hakala, “ Modems made easy”, editorial Mc. Graw Hill, Second edition.
- [4].- Kevin Slotz, “**Todo acerca de las redes de computadoras**”, **Prentice Hall-Hispanoamericana, S.A.**
- [5].- Hopper/Temple/Williamson, “**Diseño de redes locales**”, **Addison-Wesley Iberoamericana**

Modelo de calidad para la mediana industria del calzado de la ciudad de León, Gto. basado en la norma ISO 9001-2000

M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero¹, Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez², Dr. Miguel González Valadez³ y Dra. Teresa de la Garza Carranza⁴

Resumen— En la industria del calzado el adecuado control de sus procesos industriales, así como el control de la calidad de las materias primas y productos finales, son los elementos que han de servir de base para asegurar su mercado en una gama de productos, desligándose de los productos de bajo precio donde la competencia con países de bajos niveles salariales resulta muy difícil. El presente estudio está encaminado a establecer un modelo de calidad bajo la norma ISO 9001 -2000 enfocado a la mediana industria del calzado de León, Gto. Otra aportación es presentar la situación actual en el nivel de calidad de la industria del calzado en la ciudad de León, Gto.; por ser la ciudad que más produce y aporta unidades económicas al estado y al país en este sector. En el presente trabajo se propone desarrollar un modelo de calidad bajo la norma ISO 9001-2000 enfocado a la mediana industria del calzado de León, Gto.

Introducción

En la industria del calzado el adecuado control de sus procesos industriales, así como el control de la calidad de las materias primas y productos finales, son los elementos que han de servir de base para asegurar su mercado en una gama de productos. El objetivo de este estudio es describir la situación de las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto.; en función de sus sistemas de calidad que aplican en la elaboración de sus productos y analizar sus principales características de competitividad. Con ello, se propone un modelo de calidad para la mediana industria del calzado de la ciudad de León, Gto. basado en la Norma ISO 9001-2000

Palabras claves— Norma ISO 9001-2000.

Lineamientos

Problemática:

La realización de la presente investigación tiene relevancia en que en la actualidad se desconocen cuáles sean los sistemas de calidad que utilizan las empresas productoras de calzado para alcanzar los estándares de calidad solicitados por los clientes, lo cual representa una falla en la búsqueda permanente por mejorar y elevar la calidad de sus productos.

Objetivo general:

Describir la situación de las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto; en función de sus sistemas de calidad que aplican en la elaboración de sus productos.

Objetivos particulares:

El modelo a generar deberá cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Identificar al sector empresarial.
- Identificar el tipo de sistemas de calidad.
- Evaluar los sistemas de calidad
- Identificar los sistemas de calidad en las empresas líderes.
- Proponer un modelo de calidad

Hipótesis.

Hipótesis general:

Los sistemas de calidad de las empresas productoras de calzado en la Ciudad de León, Gto. son poco metodológicos y están basados en la experiencia propia, sin contar con estándares de calidad en sus procesos.

Hipótesis particular:

H1: Las empresas de calzado de León, Gto., dan prioridad a la satisfacción de sus clientes.

H2: En las empresas de calzado de León, Gto., existe la visión de ser líderes en la producción de calzado mundial.

¹ M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero, es alumna de doctorado del Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado de León, Gto. México y docente del CBTIS 198 de Celaya, México. ramirezzapatero@yahoo.com.mx

² Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez, es Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya., México. asanchez@itc.mx

³ Dr. Miguel González Valadez, es Investigador del Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Querétaro, A.C. (CIATEQ, A.C.), Qro. México, miguel.gonzalez@ciateq.mx

⁴ Dr. Teresa de la Garza Carranza es Profesor-Investigador del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, México, tgazra@itc.mx

H3: En las empresas de calzado de León, Gto., existe participación del personal en la implementación de un sistema de calidad.

H4: En las empresas de calzado de León, Gto., existe la planeación de las actividades de la organización.

H5: En las empresas de calzado de León, Gto., manejan la mejora continua en sus procesos.

H6: Las empresas de calzado de León, Gto., cuentan con relaciones estrechas y mutuamente beneficiosas con el proveedor.

Sujetos de investigación:

Los sujetos de investigación son los sistemas de calidad de las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto.; debido a que actualmente el único reporte con el que se cuenta es de 2 medianas empresas que se han certificado bajo el modelo Guanajuato para la Calidad y no se cuenta con información detallada acerca de cuáles de las medianas empresas productoras de calzado están implementando un modelo de calidad y cuál modelo están trabajando.

Universo y muestra:

Universo: El universo está representado por el total de las empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto. registradas en la Cámara de Industria del Calzado del Estado de Guanajuato (CICEG).

Muestra: Se tomará el censo de las empresas medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto. descrito en el universo.

Problemas en la empresa

Los principales problemas que se detectaron que afectan a la mediana industria del calzado son ausentismo, rotación de persona, capacitación de su personal, incremento de salarios, selección de personal, conflictos laborales, aumento de prestaciones, otros (trámites con el gobierno, entre otros).

Programa de calidad que utilizan

En lo que respecta a sistemas de calidad en la gran mayoría de los casos no se tienen los conocimientos, ni la implementación de un programa de calidad formal, ya que según encuestas realizadas el 91.7% no tienen un programa de calidad, como se muestra en la tabla 1.

Programa de calidad	No lo tienen	En proyecto	Implementación
Sistemas de calidad	94.2 %	5.8 %	0.0 %
Aseguramiento de calidad	90.3 %	5.8 %	3.9 %
Manual de calidad	91.7 %	5.8 %	2.5 %
Manual de procedimientos	93.63 %	5.8 %	0.5 %
Información ISO	94.2 %	5.8 %	0.0 %

Tabla 1 Programa de calidad

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Propuesta de modelo

El modelo de calidad propuesto se determinó en base al estudio realizado en la presente investigación de las medianas empresas de calzado. En primer lugar por las características de las medianas empresas y en segundo lugar por la apreciación de los sistemas de calidad del sector calzado de la ciudad de León, Gto. Donde el criterio más crítico que se observó en la evaluación de estas empresas fue el criterio de procesos, en la figura 5.1 se muestra el ciclo de mejora continua para el modelo propuesto, donde los elementos principales del ciclo de mejora son: diseño, indicadores, implantación, medición y análisis, mejora continua.

El diseño del modelo de calidad propuesto bajo la norma ISO 9001-2000 comprende 3 fases:

PRIMERA FASE: En esta fase se examina la forma en que la organización utiliza los factores clave de sus mercados y clientes para diseñar, desarrollar, inspeccionar y mejorar sus productos, servicios, procesos, tecnología e ingeniería, con el propósito de responder y anticiparse a las necesidades de sus clientes y a las condiciones cambiantes de los mercados.

SEGUNDA FASE.

En esta fase se examina la manera en que la organización diseña, desarrolla y estructura relaciones de mutuo beneficio con sus proveedores (compras), orientados a la generación de valor para los clientes y usuarios (ventas).

TERCERA FASE.

Este criterio examina cómo la Alta Dirección define y diseña el modelo de calidad para dirigir su organización, así como la manera de impulsar con su actuación personal la creación de valor y el desarrollo sostenido en el largo plazo, en el marco de una cultura de calidad.

Cada fase tiene una etapas de :

- Diseño

-Indicadores de efectividad

-Implantación

-Medición y análisis

-Mejora continua

Método propuesto de implementación del modelo.

En la implementación del modelo de calidad propuesto para las medianas empresas productoras de calzado, es conveniente trabajar con cada departamento para realizar las siguientes actividades:

- Establecer objetivos a corto plazo y a largo plazo.
- Establecer estrategias para lograr los objetivos.
- Considerar el medio ambiente que lo rodea.
- Detectar los factores claves de éxito de la empresa.
- Definir las tareas y funciones específicas de cada departamento.

En la descripción de cada fase se consideran los aspectos objetivos de implementación del modelo en cada una de las fases utilizando un ciclo de mejora continua; por lo que a continuación se describen los responsables de implementación para cada fase del modelo propuesto, como se puede observar en la tabla 2

FASES	ELEMENTOS	OBJETIVOS (semana)	RESPONSABLE
PRIMERA	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección • Proceso • Producto • Ingeniería 	40-60 aprox	Equipo de control de calidad con responsable del área que se analiza
SEGUNDA	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño • Ventas • Compras • Almacén • Desperdicios 	15-30 aprox	Equipo de control de calidad con responsable del área que se analiza
TERCERA	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos humanos • Liderazgo • Satisfacción del cliente 	8-12 aprox	Equipo de control de calidad con responsable del área que se analiza

Tabla 2 Comparación de resultados de puntuaciones estándar

Fuente. Elaboración Propia

Es importante señalar que los tiempos estimados en este cronograma, son tiempos aproximados; ya que es duración de análisis de un área dependerá de los programas específicos para cada elemento del modelo de calidad propuesto.

CONCLUSIONES.

- La presente investigación describe un análisis investigativo de la situación actual del entorno de las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto. en función de sus sistemas de calidad que aplican en la elaboración de sus productos.
- El resultado de la investigación es un modelo propuesto de implementación de un sistema de calidad para las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto. basado en la norma ISO 9001-2000.
- El modelo propuesto detecta los principales elementos críticos que se observaron en el entorno de la calidad en la producción de calzado de la mayoría de las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto., por lo que estos factores críticos son la base de análisis en el desarrollo del modelo propuesto basado en la norma ISO 9001-2000.
- Los principales problemas que se diagnosticaron en la investigación de la situación actual en que se encuentran las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto. son:
 - De manera general en la mayoría de las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto. no cuentan con sistemas formales de calidad y existe poco conocimiento de los modelos de calidad para la industria de calzado de esta región.
 - Uno de los elementos críticos que se observó fue la administración y mejora de procesos; que refleja que en la mayoría de las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto. no existe una cultura de mejora continua en sus procesos de producción.

- El modelo propuesto establece las fases principales para el sistema de calidad basado en la norma ISO 9001-2000, atendiendo las necesidades y expectativas de las medianas empresas productoras de calzado de la ciudad de León, Gto.
- El modelo propuesto explica la forma de implementar el modelo de calidad propuesto iniciando con el modelo del Premio Guanajuato a la Calidad, para cumplir con los criterios que contiene el Modelo Nacional de Calidad; el cual sirve como apoyo para lograr la evaluación de la norma ISO 9001-2000.

Anexo A

Instrumento de Evaluación

A. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA.

DATOS DE LA EMPRESA.

1.- ¿Su número de empleados es ?

Hasta 15 ☐ Entre 16 y 100 ☐ Entre 101 y 250 ☐ Más de 250

2.- Antigüedad de la empresa en años. _____ años.

3.- ¿Qué organización tiene su empresa ?

Empresa integrada

Alianza

Empresa con divisiones autónomas

Organización virtual

Negocio conjunto

Filial de una empresa internacional

Empresa familiar

Otro: _____

4.- ¿Con qué frecuencia realiza planeación estratégica ?

Diaria

☐ Semestral

Semanal

☐ Anual

Mensual

☐ No hay planeación

Trimestral

☐ Otro: _____

5.- Clientes externos de la empresa

Consumidores finales

☐ Empresas nacionales

☐ Mayoristas

☐ Empresas extranjeras

Minoristas

☐ Gobierno federal

Detallistas

6.- Durante los últimos 5 años (o desde su creación si es menos) ¿la empresa ha tenido utilidades ?

Nunca

Casi nunca

A veces

Casi siempre

Siempre

7.- Ventas de su empresa en miles de pesos al año:

Hasta 50

Entre 1002 y 3000

Entre 51 y 100

Entre 3001 y 6000

Entre 101 y 200

Entre 6001 y 12000

Entre 201 y 1000

Más de 12000

8.- La principal problemática de su empresa es:

Ausentismo

Selección de personal

Rotación de personal

Conflictos laborales

Capacitación de su personal

Aumento de prestaciones

Incrementos de salarios

Otro: _____

DATOS DEL EMPRESARIO.

9.- La empresa es dirigida por: Dueño

Ejecutivo

Otro: _____

10.- La edad promedio del empresario es:

menos de 30

46-50

31-35

51-55

36-40

56-60

41-45

más de 60

11.- El sexo de la persona que dirige la empresa: Masculino Femenino

12.- Nivel académico de la persona que dirige la empresa:

Elemental

Técnico

Secundaria

Licenciatura

Preparatoria

Posgrado

DATOS DEL SISTEMA DE CALIDAD.

En las siguientes preguntas indique en la columna de la derecha, mediante una X, la evaluación A, B, C, D o E; eligiendo de las cinco descripciones la que esté más cercana a su situación actual.

- Sí lo tenemos
- No lo tenemos
- En proyecto
- Lo estamos implementando
- Otras alternativas

A. La empresa cuenta con:	a	b	c	d	e
13.- Conocimientos de sistemas de calidad					
14.- Un sistema de aseguramiento de calidad					
15.- Manual de calidad					
16.- Manual de procedimientos					
17.- Información sobre apoyos par implementar sistemas de calidad y normas ISO					

B. EVALUACION DEL SISTEMA DE CALIDAD.

En las siguientes preguntas indique en las columnas de la derecha, mediante una X, la valoración O, 1,2,3 o 4; eligiendo de las cinco descripciones siguientes, la que esté más cercana a su situación actual:

- Prácticamente no se realiza
- Se realiza parcialmente (en ocasiones puntuales)
- Se realiza generalmente (en la mayoría de los casos)
- Se realiza sistemáticamente y en casi todas las áreas
- Se realiza siempre y de forma total y somos ejemplo para el sector

Apreciación de la satisfacción del cliente.

(i) Reactivo	valoración				
	0	1	2	3	4
18. ¿Impulsa y apoya las actividades de mejora de atención a clientes ?					
19. ¿Están los procesos orientados a los clientes basado en la norma ISO 9000, GTO 2000 ?					
20. ¿Disponen de un sistema para medir la satisfacción de los clientes, mediante encuestas o similar ?					
21. ¿Utilizan también otros indicadores para medir la satisfacción del cliente como imagen de la empresa, nivel de reclamaciones, lealtad de los clientes, etc. ?					
22. ¿Se mide en forma sistemática la satisfacción del cliente teniendo en cuenta sus necesidades ?					

Liderazgo

(ii) Reactivo	valoración				
	0	1	2	3	4
23. ¿Existe interés en la organización por ser líderes en el mercado ?					
24. ¿Revisa constantemente indicadores como expectativas de los clientes, situación de la competencia, indicadores económicos, deseos de los empleados, etc?					
25. ¿ Existe interés por competir con mercados extranjeros?					

Desarrollo del personal

(iii) Reactivo	valoración
----------------	------------

	0	1	2	3	4
26. ¿Reconoce los logros y el compromiso de las personas y equipos de trabajo de su empresa ?					
27. ¿Existe un sistema de información, tal que todas las personas dispongan de la información adecuada para realizar su trabajo y se garantiza su precisión; así como su adecuación a la normativa correspondiente ?					
28. ¿Se mide en forma sistemática la satisfacción del personal teniendo en cuenta sus necesidades y expectativas tales como, ambiente de trabajo, posibilidad de promoción, rotación, etc. ?					
29. ¿También se utilizan para medir la satisfacción del personal índices de ausentismo, rotación, etc.?					

Planeación

(iv) Reactivo	valoración				
	0	1	2	3	4
30. ¿Se realizan planes para el personal en la etapa de admisión, formación, desarrollo, etc?					
31. ¿ Se realizan planes para evaluar el rendimiento y las necesidades de desarrollo de todo el personal?					
32. ¿Existen planes de control en las condiciones de aseguramiento de calidad ?					

Administración y mejora de procesos

(v) Reactivo	valoración				
	0	1	2	3	4
33. ¿Se optimiza la cadena de suministro, los inventarios, la rotación de material y se minimizan los desperdicios ?					
34. ¿Se realiza una gestión eficaz de los equipos, edificios y otros recursos y se utilizan las tecnologías más adecuadas y actuales de su especialidad ?					
35. ¿Están los procesos orientados a los clientes basado en la norma ISO 9000, GTO 2000 u otro modelo específico de su sector ?					
36. ¿Los resultados obtenidos en los controles de proceso clave son satisfactorios ?					

Proveedores

(vi) Reactivo	valoración				
	0	1	2	3	4
37. ¿Impulsa y apoya las actividades de mejora dentro de la organización y con sus proveedores ?					
38. ¿ Programa visitas a la organización de sus proveedores ?					
39. ¿Se gestiona de forma sistemática la selección de proveedores ?					
40. ¿Disponen de sistemas de evaluación al proveedor ?					

Referencias

- [1].-Alexander Alberto G., 1995. "Aplicaciones del ISO 900", Addison-Wesley Iberoamericana.
 [2].- Amat Amer.1999 "Tecnología del calzado", Editorial Gráficas Díaz.

[3].-Desarrollo Industrial: Informe Mundial 1997. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, Fondo de Cultura Económica, México 1997, p.86.

[4].- Nava Jiménez, “ ISO 9000-2000 estrategias para implementar la norma de calidad para la mejora continua”, Editor Limusa Noriega Editores

[5].-Premio Guanajuato a la Calidad, 2000.” Instituto Guanajuato para la calidad modelo de dirección de calidad total auto diagnóstico y evaluación “

[6].Sullivan, L.P.,1986. The seven stages in company wide quality control, Quality Progress.

[7].- Tirado Carlos, 1994 Las tecnologías de la información y la competitividad de las pequeñas y medianas empresas, Fundesco.

Biorremediación de cuerpos de agua contaminado con compuestos aromáticos

Ing. Azariel Ruiz Valencia¹, Ing. Christian Cisneros Pérez², M. C. José Humberto Castañón González³

Resumen— La biorremediación utiliza la versatilidad metabólica de los microorganismos para degradar contaminantes orgánicos a metabolitos inocuos y mineralizarlos en dióxido de carbono y agua. Un obstáculo a la biorremediación de sitios contaminados con hidrocarburos aromáticos es el poco conocimiento de los microorganismos que son capaces de degradar estos compuestos. Los compuestos aromáticos son contaminantes prioritarios debido a su carcinogenicidad, mutagenicidad y a su toxicidad; el riesgo de contaminación es mayor en los distintos cuerpos de agua debido a su alta solubilidad y movilidad. Distintas industrias generan una gran cantidad de compuestos aromáticos como el fenol y BTEX, que pueden funcionar como fuente de carbono y energía para el crecimiento de diferentes micro-organismos que pueden de este modo, colonizar los sitios contaminados y degradar el agente contaminante.

Palabras claves—Compuestos aromáticos, fenol, BTEX, *Acinetobacter sp.*

Introducción

Los hidrocarburos monoaromáticos; son compuestos tóxicos comúnmente emitidos al medio ambiente debido a su presencia generalizada en los combustibles y productos derivados del petróleo (Littlejohns, 2008). Los hidrocarburos aromáticos como el benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos y el fenol, son los principales compuestos hidrosolubles asociados con las fuentes puntuales de combustibles; de la misma forma representan la contaminación relacionada con el combustible proveniente de la producción de petróleo, refinación y venta de los productos petrolíferos (Newell, 1995). Éstos compuestos representan hasta un 90% de los componentes de la gasolina encontrados en la fracción soluble en agua, debido a su alta solubilidad en agua con respecto a otros hidrocarburos del petróleo, por lo que las aguas subterráneas pueden transportarlos desde decenas hasta cientos de metros por debajo de la fuente de contaminación (Atlas, 1995). Los compuestos monoaromáticos son móviles y están presentes en el agua contaminada ya que no son absorbidas por el suelo. (Zytner, 1994; Langwaldt and Puhakka, 2000).

La contaminación del agua por compuestos monoaromáticos es un problema muy serio debido a que son tóxicos y a menudo clasificados como carcinógenos para los seres humanos. (Pohl *et al.*, 2003; An *et al.*, 2004; Reineke *et al.*, 2006; Paixão *et al.*, 2007). Existen diferentes métodos para la remoción de compuestos monoaromáticos del agua contaminada, como son los físicos, los químicos y las técnicas de tratamiento biológico. Entre las diversas tecnologías de remediación disponibles para el tratamiento de aguas contaminadas por hidrocarburos monoaromáticos, los métodos biológicos o los procesos de biorremediación parecen ser potencialmente económicos, con alta eficiencia energética y poseen un enfoque ambiental (Vidali, 2001; Shim *et al.*, 2002).

La biorremediación a través de reactores biológicos ha sido llevada a cabo con éxito en agua contaminada con agentes químicos tóxicos incluyendo hidrocarburos clorados como el tricloroetileno (TCE) (Ohlen *et al.*, 2005), fenol (Kryst and Karamanev, 2001), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) (Guieysse *et al.*, 2000) y compuestos monoaromáticos (Alemzadeh and Vossoughi, 2001; Pruden *et al.*, 2003; Kermanshahi *et al.*, 2006; de Nardi *et al.*, 2006).

Los microorganismos tienen un rol importante en los procesos de biorremediación, metabolizando los agentes contaminantes para su crecimiento como fuente de carbono y energía, sin embargo, otros factores deben ser facilitados al medio; debido a que la actividad microbiana no solo depende de la composición del medio; en general, los requerimientos más importantes para la biodegradación de compuestos monoaromáticos son aceptores de electrones, nutrientes y las condiciones ambientales adecuadas, como son temperatura, pH, salinidad y presión. En el caso de los reactores aerobios, el oxígeno (O₂) es usado como aceptor de electrones (Farhadian *et al.*, 2008).

Diversos cultivos puros y mixtos de microorganismos han sido reconocidos como capaces de metabolizar hidrocarburos aromáticos, los cuales generalmente son bacterias, aunque los hongos también han tenido un rol importante. Se han identificado especies de los géneros *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Sphingomonas*, *Thauera*, *Dechloromonas*, *Rhodococcus*, y *Acinetobacter* como degradadoras de BTEX y fenol en suelos (Jeong, 2008).

Los tratamientos biológicos aerobios pueden desempeñar un papel importante en la remediación de aguas contaminadas con

¹ El Ing. Azariel Ruiz Valencia es estudiante de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México azarv86@hotmail.com (autor correspondiente)

² El Ing. Christian Cisneros es estudiante de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México ccp359@hotmail.com

³ El M. en C. José Humberto Castañón González es Profesor Investigador de la División de Estudios de Investigación y Posgrado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México jbqhumberto@hotmail.com

derivados del petróleo, incluyendo hidrocarburos monoaromáticos, con eficiencias de tratamiento de hasta el 99% y más, en términos de remoción del líquido. Sin embargo, muchos de los estudios no toman en cuenta el papel de la extracción de los compuestos orgánicos volátiles debido a la aireación y a la absorción por el material de empaque.

En el presente trabajo, se aislaron tres diferentes cepas provenientes de un sitio contaminado con hidrocarburos, y se evaluó la capacidad de degradación de diferentes compuestos monoaromáticos, los cuales son capaces de degradar compuestos monoaromáticos volátiles como el benceno, tolueno, etilbenceno, y o-, m- y p-xilenos. Se evaluó la capacidad para degradar estos compuestos usando las cepas puras.

Descripción del Método

Aislamiento e identificación de microorganismos

Los microorganismos fueron obtenidos de suelo contaminado con hidrocarburos de un taller en Tuxtla Gutiérrez (Chiapas, México). Las colonias obtenidas se transfirieron a un medio con 200ppm de fenol como única fuente de carbono y energía y medio mínimo de sales (MMS), el cual contenía por litro 5 g de NH_4Cl , 0.1 g de extracto de levadura (YE), 0.2 g de MgSO_4 , 1.5 g de K_2HPO_4 y 0.5 g de KH_2PO_4 . Las cepas que crecieron en el medio con fenol se transfirieron a un medio de peptona-extracto de levadura (PY) y se incubaron a temperatura ambiente, se aislaron e identificaron por el análisis de secuenciación del gen 16S rDNA. El ADN genómico fue extraído usando un equipo comercial (DNA Isolation Kit for Cells and Tissues, Roche) y el gen 16S rDNA fue amplificado por la técnica de PCR usando el primer 1392r en un termociclador Eppendorf Mastercycler Gradient. Los productos de la PCR fueron secuenciados con el método de Sanger y las secuencias resultantes se identificaron mediante el análisis BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>).

Degradación de Fenol y BTEX

Las cepas fueron cultivadas en matraces Erlenmeyer de 250mL conteniendo 100mL de MLC, a los que se adicionaron 20mg/L de cada compuesto, con el fin de dar una concentración final de 80 mg BTEX/L, asimismo una cinética para evaluar la degradación de fenol.

El cultivo semilla fue inoculado para obtener una densidad óptica inicial a 600nm (DO_{600}) de aproximadamente 0.02 en el medio de cultivo. La densidad celular fue determinada midiendo la densidad óptica a 600nm usando un espectrofotómetro HACH DR-5000 (HACH, USA). La correlación entre el número de células y DO_{600} fue determinada a través de unidades formadoras de colonias (UFC) usando diluciones en serie del medio de cultivo puro. Los cultivos fueron incubados a temperatura ambiente en una agitadora orbital a 160rpm. Todos los experimentos se realizaron por triplicado; medios de cultivo control estériles fueron incubados bajo las mismas condiciones.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

La cepa aislada es un coccobacilo Gram negativo, es catalasa positiva, oxidasa negativa, no fermentativa, e inmóvil. El dendrograma muestra que la cepa perteneciente al género *Acinetobacter* se encuentra estrechamente relacionado a la especie *A. calcoaceticus* como se muestra en la Figura 1, la cual reporta en bibliografía una alta presencia de genes cromosomales para la degradación de compuestos aromáticos (Bergogne et al, 1996; Gerischer, 2008).

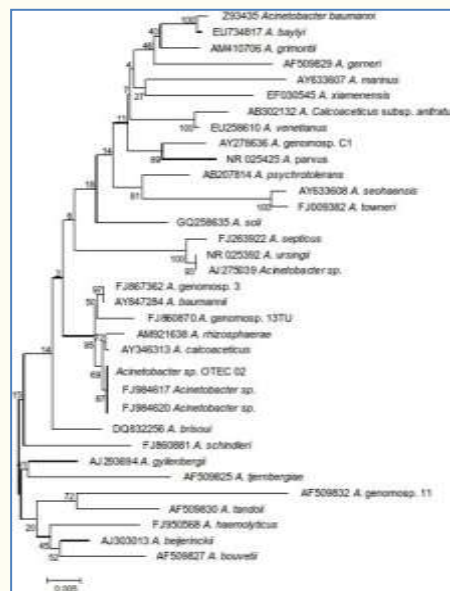


Figura 1. Dendograma que muestra la relación de la cepa aislada con otras cepas del genero *Acinetobacter*.

La degradación de fenol por la cepa fue monitoreada contra el tiempo como se muestra en la Figura 1, *Acinetobacter sp.* logró degradar mas del 50% en 36 horas. En la figura 2, se observa que la cepa logra degradar hasta un 90% en menos de 24hrs.

Figura 2. Degradación de fenol y cambios de población de *Acinetobacter sp.*

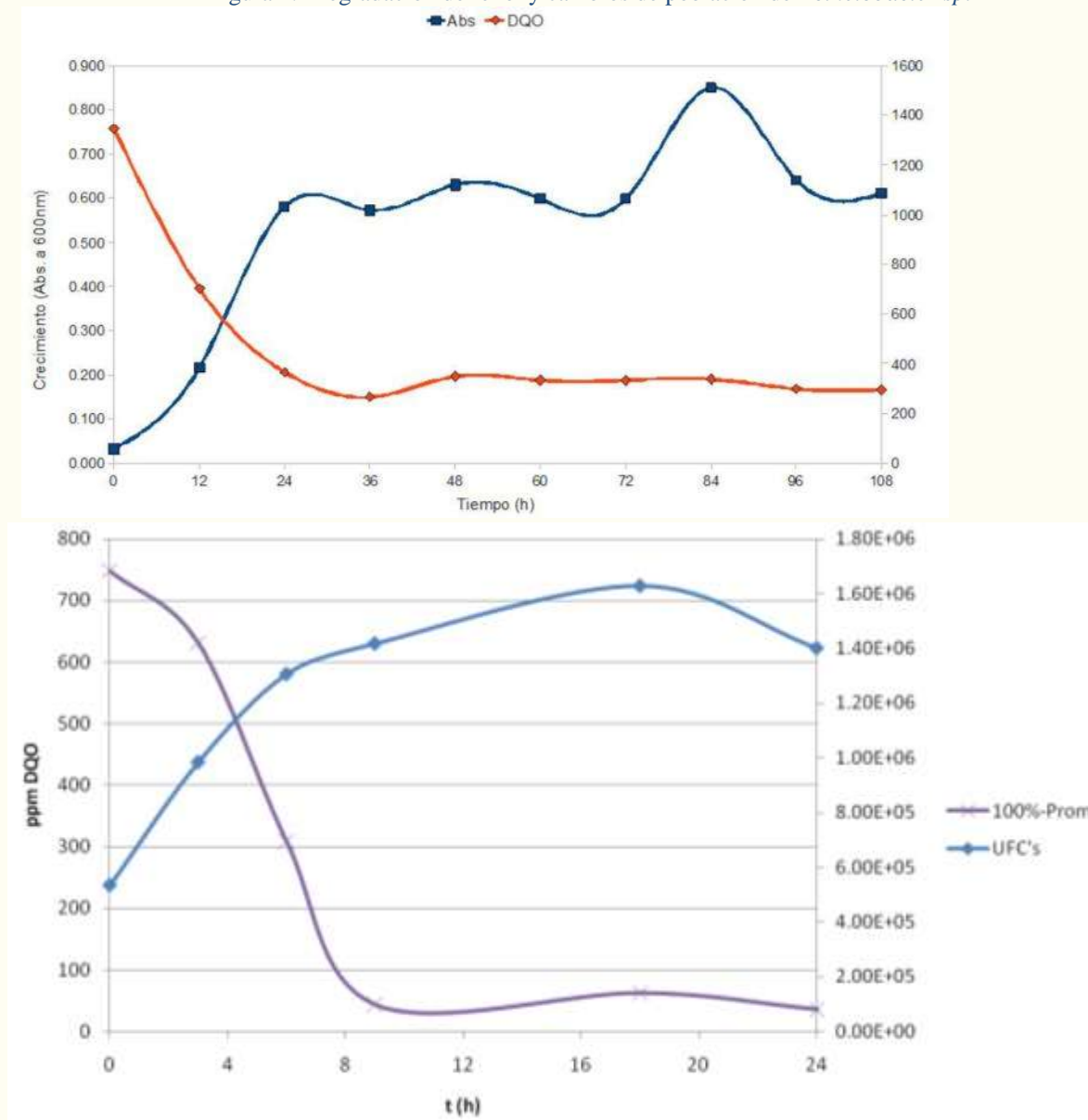


Figura 3. Degradación de BTEX por *Acinetobacter sp.*

El biorreactor mejoró la eficiencia de degradación de la cepa, alcanzó una degradación de mas del 95%, en una lapso de tiempo de 36h, un tiempo mucho menor a los reportados

Conclusiones

La cepa de *Acinetobacter sp.* posee las características adecuadas para el tratamiento de cuerpos de agua contaminados con hidrocarburos monoaromáticos; como benceno, tolueno, etilbenceno y *o*-xileno; y compuestos aromáticos hidroxilados como el fenol.

Las condiciones ambientales de la fuente del microorganismo son factores que afectan de manera directa los futuros procesos de biorremediación, por lo que es importante el origen de estos.

Recomendaciones

El tratamiento biológico de residuos es un campo extenso para la realización de futuras investigaciones, es importante el conocimiento de los factores que afectan de manera directa los procesos de biorremediación, como son los microorganismos asociados a estos procesos, así como los requerimientos para el completo desarrollo de los mismos.

La selección de las cepas adecuadas para llevar a cabo los procesos de biorremediación depende en gran medida de los factores ambientales, es por ello la importancia de la naturaleza nativa de los microorganismos, pues el hecho de ser nativa de una región específica le permitirá a los microorganismos adaptarse de manera más eficiente a las condiciones ambientales.

Referencias

- Alemzadeh, I., Vossoughi, M., 2001. Biodegradation of toluene by an attached biofilm in a rotating biological contactor. *Process Biochem.* 36 (8–9), 707–711.
- Atlas, R. M., and C. E. Cerniglia. 1995. Bioremediation of petroleum pollutants: diversity and environmental aspects of hydrocarbon biodegradation. *BioScience* 45:332–338.
- Boonchan, S., Britz, M.L., Stanley, G.A., 1998. Surfactant-enhanced biodegradation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons by *Stenotrophomonas maltophilia*. *Biotechnol. Bioeng.* 59, 482–494.
- Boonchan, S., Britz, M.L., Stanley, G.A., 2000. Degradation and mineralization of high-molecular-weight polycyclic aromatic hydrocarbons by defined fungal–bacterial cocultures. *Appl. Environ. Microbiol.* 66, 1007–1019.
- De Nardi, I.R., Zaiat, M., Foresti, E., 2006. Kinetics of BTEX degradation in a packed-bed anaerobic reactor. *Biodegradation* 7, 1–8.
- Farhadian, M., Duche, D., Vachelard, C., Larroche, C., Monoaromatics removal from polluted water through bioreactors-A review. *Water Research* 42 (2008) 1325–1341.
- Guieysse, B., Bernhoft, I., Andersson, B.E., Henrysson, T., Olsson, S., Mattiasson, B., 2000. Degradation of acenaphthene, phenanthrene and pyrene in a packed-bed biofilm reactor. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 54 (6), 826–831.
- Jeong MK, Ngoc TL, Bok SC, Jin HP, Jin-Woo B, Eugene LM, Che OJ. 2008. Influence of Soil Components on the Biodegradation of Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and o-, m-, and p-Xylenes by the Newly Isolated Bacterium *Pseudoxanthomonas spadix* BD-a59. *Appl. Environ. Microbiol.* 23. 7313–20
- Kermanshahi pour, A., Karamanev, D., Margaritis, A., 2005. Biodegradation of petroleum hydrocarbons in an immobilized cell airlift bioreactor. *Water Res.* 39 (15), 3704–3714.
- Kermanshahi pour, A., Karamanev, D., Margaritis, A., 2006. Kinetic modeling of the biodegradation of the aqueous p-xylene in the immobilized soil bioreactor. *Biochem. Eng. J.* 27 (3), 204–211.
- Kim J., Corapcioglu, M.Y. (2003). Modeling dissolution and volatilization of LNAPL sources migrating on the groundwater table. *Journal of Contaminant Hydrology.* 65: 137–158
- Kim, Y. M., Ahn, C. K., Woo S. H., Jung G. Y., Park J. M. 2009. Synergic degradation of phenanthrene by consortia of newly isolated bacterial strains. *Journal of Biotechnology* 144; 293–298.
- Kryst, K., Karamanev, D.G., 2001. Aerobic phenol biodegradation in an inverse fluidized-bed biofilm reactor. *Ind. Eng. Chem. Res.* 40 (23), 5436–5439.
- Littlejohns JV, Daugulis AJ. Kinetics and interactions of BTEX compounds during degradation by a bacterial consortium. *Process Biochemistry* 2008; 43; 1068–76
- Newell, C.J., Acree, S.D., Ross, R.R. and Huling, S.G. 1995. *Light Non Aqueous Phase Liquids*, US EPA, Ada, Oklahoma.
- Pruden, A., Sedran, M., Cuidan, M., Venosa, A., 2003. Biodegradation of MTBE and BTEX in an aerobic fluidized bed reactor. *Water Sci. Technol.* 47 (9), 123–128.
- Saeed, T., and M. Al Mutairi. 1999. Chemical composition of the water soluble fraction of the leaded gasolines in seawater. *Environ. Int.* 25:117– 129.
- Sauer, T.C., Costa, H.J., 2004. Fingerprinting BTEX sources in groundwater. Web site: <http://ipec.utulsa.edu/Conf2004/Papers/sauer_costa.pdf>

Estudio ruido y vibración en juntas homocinéticas tipo rzeppa en flechas de velocidad constante

Álvaro Sánchez Rodríguez¹, M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero², M.I. Benjamín Arroyo Ramírez³ y M.I. Martín Caudillo Ramírez⁴

Resumen— Se realiza un estudio de ruido y vibración en juntas homocinéticas componentes de las flechas de velocidad constante, se desarrollaron procedimientos para evaluaciones subjetivas y cuantitativas en vehículo y banco NVH en flechas de velocidad constante con acelerómetros y micrófonos. Se encontró que los resultados subjetivos coinciden con los cuantitativos al medir los niveles de ruido y vibración directamente en las juntas homocinéticas y la comparación de las mediciones con acelerómetros y micrófonos son aproximadamente iguales.

Palabras claves—Ruido, vibración, juntas homocinéticas, acelerómetros, micrófonos.

Introducción

La comodidad en los vehículos es un aspecto importante dentro de la calidad de estos productos, para algunas personas el ruido y la vibración no parecerá importante pero para otros sí, debido a la incomodidad en el cuerpo humano y la incertidumbre de la calidad de fabricación de los componentes que lo conforman. La menor o mayor intensidad (niveles) de ruido y vibración indicará la calidad de fabricación del producto o los posibles defectos.

Cuando se trata de un conjunto de piezas ensambladas, c/u de las partes que lo presentan puede presentar diferentes modos de vibración, de tal manera que si se combinan pueden generar un modo muy complejo en el conjunto. Por lo tanto la función principal no solo es minimizar las fuentes de ruido y vibración sino también minimizar la respuesta del vehículo a los modos de resonancia considerada en el diseño del conjunto y de cada uno de sus componentes; esto incluye el tren de transmisión y en particular la flecha de velocidad constante.

Los problemas más comunes de ruido y vibración en vehículos de tracción delantera y tracción trasera o 4X4 en vehículos son: Sudder, Idle Boom, Drive Shaft Boom, modulación, Growl y knock, serán descritas brevemente más adelante.

En este trabajo se presenta un análisis del ruido y vibración en juntas homocinéticas de flechas de velocidad constante como fuente generadora, se proponen procedimientos para evaluar subjetivamente y cuantitativamente en vehículo y banco de pruebas, instrumentando estos sistemas mediante micrófonos y acelerómetros.

Estudios en Flechas de Velocidad Constante

Las juntas homocinéticas pueden actuar como generadoras de ruido y vibración por varias razones, por mencionar algunas como: acabados superficiales malos, inadecuada lubricación, defectos en las piezas que las integran, entre otros y como transmisor al estar conectadas directamente a la rueda y en su caso al transeje mismo. A continuación se describen algunos estudios realizados de ruido y vibración en Flechas de Velocidad Constante, donde se incluyen las juntas homocinéticas como principal componente.

Shudder ocurre en vehículos carros de tracción delantera, es una vibración lateral de baja frecuencia (comúnmente de 10-60 Hz), la cual ocurre durante la aceleración rápida a bajas velocidades (1ª y 2ª); en condiciones de torque alto y ángulos de la junta deslizando grandes. La vibración es causada por altos acoplamiento de fuerzas secundarias generadas en las juntas de homocinéticas tipo Hooke, excitando el centro de deslizamiento y el modo de cuerpo rígido de la flecha en la resonancia [1].

¹ Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez es Profesor del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, alumno de doctorado del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial Qro, México. asanchez@itc.mx.

² M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero es alumno de doctorado del Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado de León, Gto. México. ramirezzapatero@yahoo.com.mx

³ M.I. Benjamín Arroyo Ramírez es Profesor del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, México barroyo@itc.mx

⁴ M.I. Martín Caudillo Ramírez es Profesor del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, México cmartin@itc.mx

Resonar (Idle boom) es un tipo de ruido y vibración de resonar indeseable de bajas frecuencias, el cual ocurre en tracción delantera del carro con transmisiones automáticas. Cuando la caja de velocidades cambia de neutral(N) a marcha (D), y el vehículo permanece estacionario por el pedal del freno, existe un incremento en el ruido y vibración de la máquina, (se siente en el respaldo del asiento, en el piso del vehículo y en el volante del conductor) transmitido dentro del vehículo. El rango de frecuencia de la vibración del Idle boom es comúnmente 20-40 Hz [1].

Driveshaft Boom es una frecuencia a la mitad del ruido Boom (100-400 Hz), coincide con la frecuencia de flexión del semieje de la FVC. La vibración de la máquina excita a la flecha de velocidad constante en un modo de flexión el cual amplifica la vibración que se transmite al vehículo vía la rueda. Frecuentemente coincide con la resonancia acústica del compartimiento del pasajero el cual genera las condiciones de Boom muy molestas [1].

Modulación: Es un ruido producido por golpeteo que ocurre en alguna frecuencia, es caracterizada como fluctuaciones de baja frecuencia o golpes. Es incomodo el ruido generado por este problema pero su nivel no es muy alto. Esta se presenta cuando se combinan dos frecuencias de amplitudes similares, para obtener una debido a la diferencia de frecuencias que es menor de 10 Hz. Un ejemplo es la combinación del ruido de encendido del motor que coincide con una de las armónicas de la flecha de velocidad constante [1].

Gruñido (Growl): Es un ruido de gruñido o golpeteo en el cual se presentan dos frecuencias dominantes. Cuando aparecen más frecuencias el ruido es de mayor ancho de banda y áspero. La frecuencia usualmente se presenta en uno de los órdenes del motor (4, 6 o 8), con tamaños de banda aproximados a los de un orden de la flecha de velocidad constante. Las amplitudes coinciden con una de las resonancias [1].

Ball Rattle: Es un ruido causado por un movimiento repentino de la jaula, en el plano de la junta homocinética. El ruido es generado por el contacto de las bolas en las ventanas de la jaula, el cual gira haciendo el contacto hacia fuera de la jaula. Esto ocurre en juntas homocinéticas con ángulos de trabajo altos ($>10^\circ$). En juntas fijas el problema ocurre en ángulos a alta velocidad.

Gear Whine: es el ruido generado por un par de engranes a frecuencias de contacto entre dientes. En tonos puros ocurre a frecuencias entre 200 y 1000 Hz y en armónicas o anchos de banda ocurre hasta 10KHz. Los niveles de ruido van de 10 a 15 dB más bajos que los niveles de ruido presentes en el vehículo, sin embargo el oído humano puede captar los tonos de ruido de este fenómeno. El problema de ruido gear whine es causado por los contactos pobres de diente a diente, que generan fuerzas muy grandes y se transmiten a través de los soportes de los rodamientos y a los alojamientos de la transmisión del resto del vehículo [1].

Pruebas subjetivas en juntas homocinéticas

Las pruebas subjetivas de ruido y vibración consisten valorar el ruido y vibración en base al nivel de sensibilidad auditiva y de tacto realizado por una persona (entrenada especialmente) la escala es de 1 a 10, en el caso de las pruebas de ruido y vibración en vehículo considera aislar a la persona de todo ruido ajeno al vehículo externo e interno, al cerrar los cristales, evitar platicar y la música. En este caso enfocando la evaluación subjetiva en Juntas homocinéticas como componente principal de las flechas de velocidad constante, a un problema común denominado “ruido y vibración metálico”. Este ruido y vibración sucede en las piezas en contacto seco que componen la junta homocinética, como un proceso de asentamiento previo a la lubricación y se detectado girando la dirección completamente en vehículo, y aplicando carga con marcha frontal y en reversa. Es un ruido y vibración que se escucha y siente como raspón dentro y fuera del vehículo y se elimina después de varios giros.

Procedimiento de análisis: 1.- Preparar la muestra 2.- Análisis inicial de daño y dimensionamiento, 3.- montar muestra en vehículo, 4.- Realizar prueba subjetiva en vehículo, 6.- desmontar muestra, 7.- Hacer el análisis de daño y dimensionamiento 8.- iniciar procedimiento para cada una de las muestras, 9.- comparar resultados con pruebas cuantitativas, 10.- conclusiones.

Condiciones de pruebas: 1.- Piezas recubiertas de tinta para identificar contactos, 2.- piezas rectificadas en diferentes máquinas, 3.- Piezas con y sin filos, 4.- Piezas con y sin lubricación, 5.- Arcos de esférico y curva elíptica, 6.- Piezas con y sin fostatizado, 7.- Diferentes formas de aderezado.

Análisis de resultados de pruebas subjetivas

Las dos primeras columnas de la tabla 1 muestran las piezas y condiciones de prueba mencionadas anteriormente, las siguiente cuatro columnas indican las pruebas vehiculares con avance hacia delante y atrás a la derecha y a la izquierda como se presenta en la nomenclatura en la parte inferior de la tabla, los valores indican la calificación de evaluación durante esa prueba, y finalmente en las dos últimas columnas se presenta la calificación mínima de la prueba y los valores de medición en ruido y vibración máximos en db y m/s^2 respectivamente para cada prueba.

Las columnas indicadas con letras mayúsculas, muestran que las pruebas subjetivas se realizaron girando el volante en la dirección indicada, cada una de ellas va acompañada de su calificación subjetiva y se selecciona la de valor más bajo (color

rojo). Las piezas que se les mataron filo, hicieron ruido también y se esperaba lo contrario, los ensambles con componentes fosfatizados y con jaulas de arco corregido eliminaron el ruido.

Como se observa en la tabla 1 el 80% de las juntas hicieron ruido, con una intensidad de 4 y hasta 3 vueltas, dos de las piezas recubiertas con tinta no hicieron ruido, ó sea que la tinta cubrió las imperfecciones de rugosidad. Se encontraron algunas bolas y las playas rasguñadas, la hipótesis en este caso fue, existencia de rebaba debido al filo en las orillas de la jaula, el componente jaula no fue sometido al proceso de tamboreo para matarle los filos.

Tabla1. Resultados de primera prueba subjetiva y cuantitativa de ruido junta fija GS 2650.

Pieza	Aditivo	(C)DD(Ca)	(C)DI(Ca)	(C)AD(Ca.)	(C)AI(Ca)	Cal.	Ruido db vibración m/s ²
1 P12	Tinta	10	10	10	10	10	82-1.8
2 P12	G-Kluber	7-3	-----	6-2	-----	6	88-2.0
3 P12	G-Kluber	7-1 13-14	7-2 15-17	5-1 18-19	-----	5	88-2.0
1 P14	Tinta	10	10	10	10	10	84-1.9
2 P14	G-Kluber	4-3	4-2	5-2	5-1	4	88-2.1
3 P14	G-Kluber	4-1 20-22	4-1 23	7-1 24	25	4	89-2.0
1R	Tinta	4-3	4-3	-----	----	4	87-1.9
2R	G-Kluber	5-2	4-2	4-2	4-1	4	88-2.1
3R	G-Kluber	4-5 1-7	----- 10-11	5-2 8-9	----	4	86-2.1
1JR	Cliente2	2-8	2-10	1-8	1-10	2-8	88-2.3
2JR	Cliente 2	2-6	-----	1-6	-----	2-6	87-2.1
1FN	Filo Normal	1-7	2-10	2-10	2-10	1-7	88-2.2
2FN	Filo normal	1-9	1-10	1-9	1-10	1-9	89-2.2
1F	Filo	3-7	1-10	1-6	1-10	1-6	88-2.1
2F	Filo	2-7	1-8	1-6	1-10	1-6	87-2.2
1FM	Matar filos	2-6	1-7	1-8	1-10	6	87-2.1
2FM	Matar filos	2-7	2-7	1-4	1-8	4	87-2.0
1BF	Bola fosfatiza	1-10	1-10	1-10	1-10	10	85-1.8
1AC	Arco correg.	1-10	1-10	1-10	1-10	10	85-2.0
2AC	Arco correg.	1-9	1-10	1-7	1-10	7	86-2.1
1PF	Pista Fosf.	1-10	1-10	1-10	1-10	10	84-1.8

DD= Delante derecha, DI= Delante izquierda, AD = Atrás derecha, AI = Atrás izquierda (C)= cantidad, (Ca)=calificación.

Conclusiones, etapa de pruebas subjetivas. Son varias las causas del ruido y vibración en juntas homocinéticas por mencionar algunas: 1.- Baja calidad en los maquinados sobre todo en el trazo de geometrías complejas como el arco de esférico y curva elíptica, debido a máquinas obsoletas, 2.- Falta de conocimiento para realizar los maquinados eficientemente, 3.- Errores de ensamble y fabricación 4.- Operaciones que se dejaron de realizar 5.- Lubricación inadecuada 6.- Supervisión de calibración inadecuada, 7.- Falta de consideración de asentamiento.

Pruebas cuantitativas en juntas homocinéticas

Esta etapa consiste en medir los niveles de ruido y vibración en juntas homocinéticas para cuantificar el daño, se realizaron mediciones directamente en vehículo y en banco de pruebas para medir ruido y vibración mediante la instrumentación de micrófonos y acelerómetros, para correlacionar los resultados con las pruebas subjetivas.

Para medir el ruido y vibración en juntas homocinéticas en vehículo, se utilizaron los siguientes instrumentos: Micrófono, acelerómetros, tacómetros, grabadora analógica, batería y analizador de vibraciones. En la tabla uno se muestra las grabaciones en la última columna y la instrumentación en vehículo se muestra en las figuras 1 y 2.



Figura 1 Instrumentación de junta con micrófono



Figura 2 Instrumentación de junta con acelerómetro

Procedimiento de grabación de ruido y vibración en junta fija en vehículo. Una vez ajustados y calibrados los canales donde están conectados los transductores se procede a la medición de señales: a.- Asegúrese que los cables están debidamente conectados. b.- Asegurarse que todos los equipos estén encendidos (regulador, amplificador y sonómetro). c.- Asegúrese que se introducen adecuadamente los valores de los transductores en los amplificadores o en la grabadora(sensibilidad, voltaje, etc..) d.- Asegúrese que hay carga suficiente en la batería. e.- Defina la velocidad de grabación de señales en función de las frecuencias que se deseen en **speed**. f.-Cuando el vehículo este en movimiento, para grabar active los botones **rojo(record)** y **FWD**, la cantidad de tiempo deseado, si desea parar la grabación pulse el botón de **stop**. g.- Asegúrese que en el inicio de la grabación el tacómetro este en ceros, tome lectura inicial y final para interpretar los resultados posteriormente en la reproducción. h.- Realice los pasos f y g cuantas veces lo desee.

Los valores de ruido y vibración que se midieron en vehículo se muestran en la tabla 1, el ruido se midió en decibeles y la vibración en m/s^2 , se consideraron los valores pico máximos que se presentaban en los espectros de ruido y vibración en el dominio de la frecuencia. Es complicado tratar de entender los valores de las mediciones de ruido y vibración ya que no se conoce la fuente principal que emite estas señales y tomar solo los valores máximos como un parámetro de evaluación, sin embargo existe cierta correlación con las evaluaciones subjetivas.

Medición de ruido y vibración en juntas homocinéticas en banco de pruebas. El banco NVH se diseñó con el propósito de simplificar las pruebas de campo y para identificar problemas en la FVC mediante ruido y vibración, este consta de una celda de carga axial y torsionales para registrar las fuerzas axiales y torsionales respectivamente que se presentan en la FVC, debido a la variación del torque, ángulo y la velocidad. En un extremo tiene el lado motriz por medio de un motor, bandas y poleas y en el otro lado un freno que aplica el torque y permite el giro del sistema a las revoluciones deseadas.

Para medir la vibración se colocó directamente el acelerómetro en la junta homocinética, y para transmitir la señal al adquirente de datos cuando el sistema está girando, se usaron anillos deslizantes de alta resolución como se muestra en la figura 3. El micrófono se colocó al frente de la junta homocinética sobre el banco NVH. En las gráficas de la figura 4, muestran las mediciones realizadas directamente en banco NVH.

Condiciones de prueba son: **Velocidad 3600rpm, ángulo de inclinación de la FVC 23° y torque de 100nm, en la figura 3 y los gráficos de ruido y vibración, en laboratorio sin ruido y maquinas desactivadas para obtener lecturas confiables.**



Figura 3 Instrumentación banco NVH.

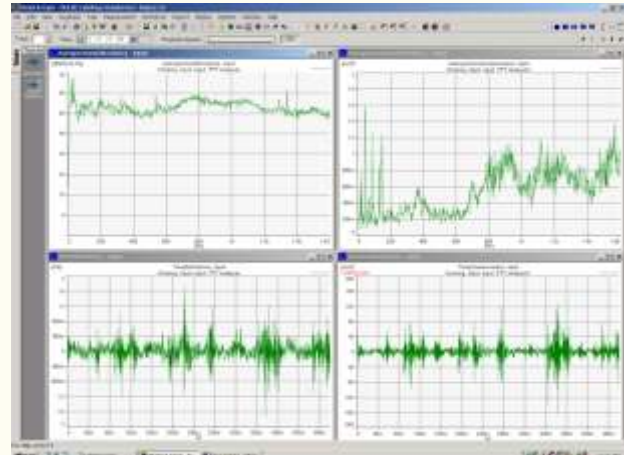


Figura 4 Medición ruido y vibración juntas homocinéticas.

Equipos utilizados: 1.- Base magnética para acelerómetro, 2.- Acelerómetro Unidireccional. 3.- Micrófono unidireccional, 4.- Extensión de micrófono. 5.- Calibrador de nivel de ruido 94 dB Fn =1000 Hz. 6.- Calibrador exciter tipo 10 m/s² a 159.2 Hz. 7.- Amplificadores de carga. 8.- Pulse LAN Interface Module tipo 3576. 9.- Cables de conexión de interface.

Procedimiento de medición: Asegure la conexión adecuada de los cables. b.- Asegúrese que todos los equipos estén activados (regulador, amplificadores, Pulse, displays de velocidad, torque y fuerza axial, etc). c.- Asegúrese que se introducen adecuadamente los valores de los transductores en los amplificadores o en Pulse(sensibilidad, voltaje, etc...). d.- Verifique en qué canales coloca cada transductor del 1 al 6 en el Módulo I (master) y del 1 al 6 en el módulo II (slave). e.- Encienda y habrá el programa en el **pulse**, NVH2 en la carpeta adquisición banco NVH de **mis documentos**. f.- Asigne los parámetros deseados de la siguiente manera: **Measurement organizer: Set up Acelerómetro1/properties/signal, Channel y transducer**. En transducer se asigna amplificador y se dan los valores **gain=10m y V/pC**. En micrófono no se asigna amplificador. g.- Si desea hacer mediciones, oprima **active template** sobre el menu de barras y **F5** para iniciar las mediciones y **F6** para parar las mediciones. Estas se muestran sobre las pantallas al oprimir graficos 1 y graficos 2 en la barra vertical lateral de **task list**. h.- Si desea hacer grabaciones en este programa oprima el botón derecho del ratón sobre el icono **setup**, e indique insert sobre la pantallita, ahí aparecera una lista de opciones donde esta grabación como **recorder**, oprima con el boton izquierdo para darlo de alta. Sobre el **setup** aparecerá un icono de **recorder** oprimalo con el botón derecho y oprima **properties** con el botón izquierdo. Aparece una pantalla con **File y Track**. En **File** oprima **new recording**, seleccione una carpeta de las que apaceren en **recordings c:\BK_recording**, y asígnele el nombre deseado en el apartado **recording name**, oprima **Ok** y en esta carpeta se estarán grabando sus mediciones deseadas. Oprima **track** y asigne los valores deseados en los apartados.

Span frequency: rango de frecuencia grabado.

Trigger: disparos.

Star: inicio- manuales o libres.

Stop: paro- manuales o libres.

Single: simple, **repetitive:** repetitivo y **cyclic:** ciclico.

Max. track lenght: máximo tamaño de la grabación.

Max. No of tracks: máximo número de grabaciones deseadas.

Cierre la ventana.

Indique el icono de gráficos 1, en la barra de **task list**.

Indique el icono **view** y **toolbar** e indique **recorder bar** y aparecerá una barra horizontal que indica: **No track, time y play back speed**.

Oprima el icono **template**, **F5** para correr medición y grabación junto con disparo y **F6** para parar.

Nota 1: si desea salir del modo grabación para hacer mediciones sin grabación elimine el icono recorder.

Nota 2: si el módulo maestro muestra sobrecarga en los conectores donde se colocaron los instrumentos de medición (luz roja) al hacer mediciones, corra oprima el icono autorange en la barra de menús mientras hace mediciones para que se hagan los ajustes necesarios.

i.- Si desea ver las mediciones grabadas, oprima con el botón derecho en el icono **working** del **measurement organizer** y aparece un pantallita donde va a indicar con el botón izquierdo **open time history**, este abre una pantalla **Open file**, donde seleccionará **recordings c:\BK_recording**, seleccione la carpeta donde guardo sus grabaciones y el nombre que les asignó y oprima ok. Debajo del icono **working** aparecerá su archivo. Oprima **active template** y **F5** para correr las grabaciones que serán mostradas, oprima **F6** si desea detener la reproducción si no ella parará según el tiempo asignado. Si desea ver otro número de reproducción indique en **track** el número de grabación que desea ver, sobre la barra de **recorder bar**.

Nota 3: Mientras este corriendo el modo reproducción no podrá seguir haciendo grabaciones ni mediciones, si desea salir del modo reproducción para seguir grabando las mediciones, elimine el icono de su archivo de grabación que se encuentra debajo del icono **working**, oprima **template F5** para seguir con las grabaciones y **F6** para parar las grabaciones.

j.- Oprima el botón de flecha hacia abajo en los displays de torque y fuerza axial para mandar a cero los valores. k.- Cuando todo este listo, empiece hacer sus mediciones deseadas a las revoluciones 200rpm's y torque 80Nm y a diferentes grados de 0°, 2.5°, 5°, 7.5°, 10° y 12.5°. Nota 1: Cada que realice un registro, asegúrese de bajar el torque con el freno a cero, para evitar problemas de calentamiento o desgaste del freno.

Nota2 : Es muy importante que cuando termine de aplicar el torque para realizar la prueba, regrese la perilla del potenciómetro del freno a cero para evitar un sobrecalentamiento y desgaste del freno.

En el dominio de la frecuencia se presentan los niveles de ruido y vibración en decibeles y m/s^2 para la junta homocinética, y en el dominio del tiempo se muestran los niveles de ruido y vibración en Pa y m/s^2 respectivamente fig.4. Aún y cuando los gráficos en el dominio del tiempo son muy parecidos y que en este caso las mediciones se realizaron directamente en la junta homocinética, los datos no son muy confiables, debido a lo que se comento anteriormente.

Conclusiones

La prueba subjetiva de ruido y vibración es insuficiente para satisfacción de cliente, solamente sirve para detectar el problema, la medición de ruido y vibración que se trabajo en vehículo no es confiable, aún y cuando los instrumentos de medición (acelerómetros y micrófonos) están localizados cerca de la fuente, sin embargo se midieron los niveles en db y amplitud de vibración en el dominio de la frecuencia y muestra cierta correlación con las evaluaciones subjetivas. La falta de confiabilidad es por las siguientes razones: no hay entendimiento del problema del contacto, no se sabe como se transmite el ruido y la vibración en el sistema y existen componentes ajenos del sistema que también emiten ruido y vibración.

Se obtuvieron los espectros de la medición de ruido y vibración en flechas de velocidad constante realizadas directamente en juntas homocinéticas en banco NVH, bajo ciertas condiciones de prueba y el conocimiento limitado de lo que sucede durante el contacto, los resultados en el dominio del tiempo se muestran muy parecidos mientras que en el dominio de la frecuencia no.

Referencias

- [1].- I.K. Lead better Julio 1993 “ Driveline NVH Handbook”, GKN Automotive car & light Vehicle Division. GKN Technology.
- [3] .- “Applications of B&K Equipment to Strain Measurement s”, Bruel &Kjaer.
- [4] .- “Experimental stress análisis”, Measurement group VISHAY.

Estudio comparativo de modelos para predecir vibraciones por contacto en superficies rugosas

Álvaro Sánchez Rodríguez¹, M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero², M.I. Benjamín Arroyo Ramírez³ y Dr. José Salvador Echeverría Villagómez⁴

Resumen— En los últimos años, se han propuesto varios criterios que permiten predecir vibraciones por contacto dinámico en superficies rugosas, basados en diferentes suposiciones y modelos mecánicos. El objetivo de este estudio es clasificar los trabajos más relevantes desarrollados en campo y analizar sus principales características: parámetros dinámicos de amortiguamiento, grados de libertad, tipo de fricción, modelo de rugosidad, tipo de carga, etc. El método de solución y otras condiciones relevantes también son considerados. Con ello, se propone un modelo general que incluye la mayoría de las características de los modelos utilizados.

Palabras claves—Amortiguamiento, rigidez, asperezas, frecuencia.

Introducción

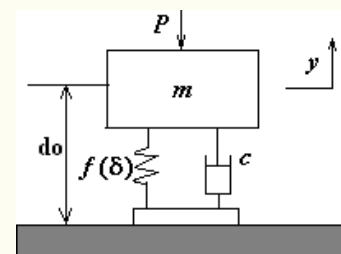
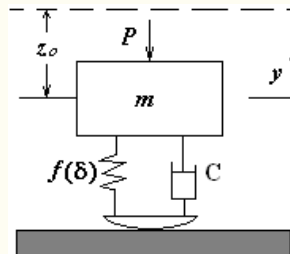
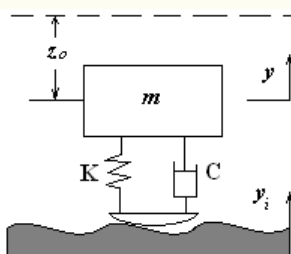
El ruido, la vibración y el desgaste debido a la fricción están asociados con el contacto de los cuerpos. Por lo que es importante entender la dinámica del sistema de contacto con fricción, y determinar los componentes dinámicos responsables de estos problemas, en las máquinas y algunos dispositivos mecánicos. La fuerza de fricción es la fuerza tangencial que se opone al movimiento relativo de dos superficies las cuales son presionadas una con la otra debido a una fuerza normal.

En casos como: bandas de transmisión, frenos, embragues, juntas; la fricción podría ser deseable, en otros como: engranes, rodamientos, juntas homocinéticas, sellos; la fricción no es deseable. Varios sistemas mecánicos están generalmente compuestos de estructuras, las cuales están en contacto seco o lubricado a través de las superficies. Ellas pueden estar sujetas a carga estable o dinámica (normal, tangencial o ambas) y operar bajo cargas transientes, oscilatorias u otras; en todas posibles direcciones de deslizamiento.

Revisión de modelos recientes

En esta sección se presenta el análisis bibliográfico de los trabajos en campo que han sido desarrollados durante los últimos años. Varios de los trabajos fueron analizados y siete de los modelos relevantes seleccionados, autores y grupos son sucintamente descritos a continuación:

Modelo I. Trabajo de Soom y Chen[1] Presenta la respuesta a la frecuencia del contacto no lubricado, al inducir vibraciones aleatorias de contacto normal por medio de excitación de las irregularidades de la superficie en la zona de contacto de Hertz, al deslizar un cuerpo sobre una superficie de izquierda a derecha a velocidad constante. Las irregularidades de entrada son modeladas como un proceso aleatorio en el tiempo como se muestra en la fig. 1, con contenido espectral especificado en el número de onda espacial y el dominio de la frecuencia, estudiadas mediante la técnica de simulación digital. Este utiliza un software generador de número aleatorio, basado en el generador de congruencia lineal. Proporciona una secuencia aleatoria con distribución Gaussiana y densidad de potencia espectral blanco. La rugosidad efectiva depende del tamaño y forma de la zona de contacto.



¹ Dr. Álvaro Sánchez Rodríguez es Profesor del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, alumno de doctorado del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial Qro, México. asanchez@itc.mx.

² M.C. Ma. Guadalupe Ramírez Zapatero es alumno de doctorado del Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado de León, Gto. México. ramirezzapatero@yahoo.com.mx

³ M.I. Benjamín Arroyo Ramírez es Profesor del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, México barroyo@itc.mx

⁴ Dr. José Salvador Echeverría Villagómez es Profesor del Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, México saleche@cenam.mx

Figura 1. Modelo físico de contacto [1]. Figura 2. Modelo de contacto dinámico [2]. Figura 3. Modelo dinámico [3].

La ecuación de movimiento (1) durante el contacto es obtenido al adicionar la fuerza de amortiguamiento, la fuerza del resorte y el peso los cuales actúan sobre la masa como:

$$m\ddot{y} = C(\dot{y}_i - \dot{y}) + K(y_i - y + z_o)^{1.5} - mg \quad (1)$$

Los resultados son la respuesta a la frecuencia del contacto de superficies de Hertz, para una rigidez bilineal y de Hertz siendo mejor la segunda, variando valores de coeficiente de amortiguamiento pequeños, velocidad de deslizamiento considerables y rugosidad, en el rango de frecuencias de 0 a 2000 Hz. Las mediciones experimentales concuerdan con las simulaciones.

Modelo II. El modelo de Hess y Soom[2] Presenta un estudio de las vibraciones no lineales en contacto de Hertz por la técnica de perturbación conocida de múltiples escalas. Las vibraciones son excitadas por la componente dinámica de la carga normal aplicada externamente. El sistema con contacto de Hertz es modelado como un sistema masa-resorte-amortiguador, como se muestra en la figura 2.

A diferencia del trabajo de Soom y Chen, la región es modelada como un resorte no lineal en paralelo con amortiguamiento viscoso, como lo realizó Tolstoi et.al [2], ellos determinaron la rigidez empíricamente. Las mediciones y simulaciones muestran resultados semejantes, y encuentran que la fricción disminuye debido a la vibración normal en un 30%.

La ecuación de movimiento (2) durante el contacto se obtiene de la suma de fuerzas en la masa es:

$$m\ddot{y} + c\dot{y} - f(\delta) = -Po(1 + \alpha \cos \Omega t) - mg \quad \text{Para } \delta > 0 \quad (2)$$

Donde $f(\delta)$ es la fuerza de restauración de rigidez no lineal.

Se obtiene respuesta a la frecuencia del contacto esférico sobre una superficie plana y lisa, para diferentes amplitudes de aceleración, desplazamiento carga, diferentes valores de coeficiente de amortiguamiento y masa, a frecuencias que van de 3000 a 7000 Hz. La amplitud de frecuencia pico se incrementa con el incremento de la masa.

Modelo III. El trabajo de Hess and Soom [3], Esté trabajo estudia las vibraciones de contacto normal no lineal, excitadas por aplicación de carga normal dinámica, en la región de contacto formada entre superficies rugosas. El problema es estudiado por el método de múltiples escalas. El modelo de Hess y Soom, considera el contacto de dos superficies rugosas y elásticas descritas por el modelo de GW como se muestra en la fig. 3, donde contempla las mismas distribuciones de la altura de las aspersiones, exponencial y Gaussiana.

Considerando distribución exponencial de la altura de las aspersiones las ecuaciones son:

$$m\ddot{y} + c\dot{y} - K_2 e^{-(q+h_0)} = -Po(1 + \alpha \cos \Omega t) - mg \quad (3)$$

y considerando una distribución Gaussiana de las alturas de las aspersiones la ecuación es:

$$m\ddot{y} + c\dot{y} - K_3 F_{3/2}(h_0) = -Po(1 + \alpha \cos \Omega t) - mg \quad (4)$$

Se obtiene la respuesta a la frecuencia del contacto esférico sobre una superficie plana y lisa, para diferentes amplitudes de desplazamiento y aceleración: relaciones de carga, diferentes valores de coeficiente de amortiguamiento y masa, a frecuencias de 3000 a 7000 Hz. La amplitud de frecuencia pico se incrementa con el incremento de la masa.

Modelo IV El trabajo de Kupchenko y Hess[4]. El trabajo presenta un modelo matemático para simular el comportamiento de la rugosidad en mecánica del contacto, con el propósito de observar los efectos de vibración, también realiza la medición de respuesta a la frecuencia de la fricción del contacto de superficies planas en seco y lubricado como, sujetas a anchos de banda de vibración normal aleatoria controlada y diferentes velocidades y aceleraciones de deslizamiento.

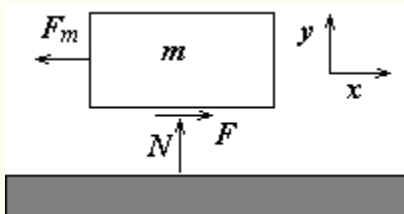


Figura 4. Modelo físico del sistema [4].

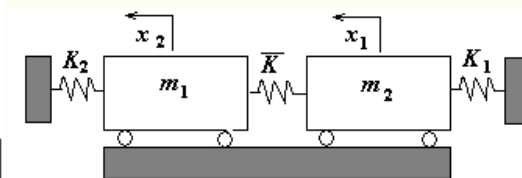


Figura 5. Contacto de subestructuras [5].

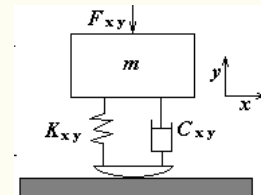


Figura 6. Sistema dinámico en 2D [6].

Kupchenko y Hess determinan el coeficiente de rozamiento dinámico, mediante la relación de las fuerzas de inercia tangencial $m\ddot{x}_m(f)$ más la fuerza de fricción $F_m(f)$ entre la fuerza de inercia normal $m\ddot{y}_m(f)$. Se excita la superficie con un Shaker, y se mide la respuesta a la frecuencia de la rugosidad en el contacto de las piezas, mientras el cuerpo desliza a una velocidad constante sobre la superficie como se muestra en la figura 4.

Sustituyendo las componentes dinámicas medidas experimentalmente, de fuerza de fricción y fuerza normal en el coeficiente de fricción dinámica determinado por Coulomb, la expresión que se obtiene es la siguiente:

$$\mu(f) = \frac{F_d(f)}{N_d(f)} = \frac{F_m(f) + m\ddot{x}_m(f)}{m\ddot{y}_m(f)} \quad (5)$$

Donde \ddot{x}_m y \ddot{y}_m son la medición de la aceleración tangencial y normal respectivamente. El coeficiente de fricción, se obtiene para frecuencias de 0 a 2000Hz, variando las excitaciones a diferentes amplitudes de deslizamiento, velocidad y aceleración.

Modelo V. El trabajo de Sherif and Abu Omar[5], El trabajo presenta un método para medir la rigidez de contacto y el amortiguamiento por fricción en seco, al interactuar los planos de las superficies de un sistema mecánico, compuesto de dos subestructuras. El método se basa en la medición de la razón de desplazamiento del contacto, de las dos subestructuras como una función de la frecuencia, debido a ligeros impulsos de excitación aplicados en un punto de algunas de las dos subestructuras como se muestra en la figura 5.

El análisis teórico está basado en un modelo de un sistema de dos grados de libertad, con acoplamiento elástico. Las diferentes ecuaciones para el movimiento libre del sistema de subestructuras pueden escribirse en forma de matriz como:

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + \bar{k} & -\bar{k} \\ -\bar{k} & k_2 + \bar{k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Donde m_1 y m_2 son las masas de los cuerpos, \ddot{x}_1 , \ddot{x}_2 , x_1 y x_2 don las aceleraciones y desplazamientos de los cuerpos, k_1, k_2 son las rigideces de contacto superficie-cuerpo y \bar{k} la rigidez de contacto cuerpo-cuerpo.

La respuesta a la frecuencia teórica, se obtiene variando valores de la rigidez tangencial y factor de amortiguamiento, para magnitud y fase en el rango de frecuencias de 0 a 1500 Hz; y para el caso experimental se varía la carga normal aplicada sobre los cuerpos en contacto.

Modelo VI El trabajo de Fitsum To Tariku y Robert J. Rogers [6], Presenta dos modelos de fricción. Un modelo esta basado en el método de balanceo de fuerzas, y el otro en un sistema masa-resorte-amortiguador durante el pegado. Los modelos consideran un sistema masa-resorte-amortiguador con excitación y fuerza de contacto, que varían con el tiempo para ambos movimientos de pegado deslizado (stick-slip), en una y dos dimensiones sobre superficies planas.

Ecuaciones (7) y (8) representan el movimiento del modelo físico en dos dimensiones.

$$M\ddot{X} + \hat{C}\dot{X} + \hat{K}X = P_{ox} \cos \omega_{ex} t + P_{ex} \quad (7)$$

$$M\ddot{Y} + \hat{C}\dot{Y} + \hat{K}Y = P_{oy} \cos \omega_{ey} t + P_{ey} \quad (8)$$

Donde $\hat{K} = K + K_f$ y $\hat{C} = C + C_f$.

Se obtiene la respuesta a la frecuencia de la fricción dinámica, considerando el movimiento como pegado y deslizado, para uno y dos dimensiones para diferentes velocidades de deslizamiento. Este trabajo presenta mejoras significativas para algoritmos de pegado y deslizado realizados con anterioridad, con los modelos de fricción considerados de fuerza balance y resorte amortiguador.

Modelo VII- El trabajo presentado por Xi Shi y Andreas A. Polycarpou [7] Como en los modelos anteriores, Xi Shi y Polycarpou modelan el comportamiento de la fricción, obteniendo el coeficiente de fricción estático y dinámico en el dominio del tiempo para superficies de ingeniería reales planas, rugosas y no lubricadas; determinado por la fuerza de fricción en la interfase del contacto entre la fuerza normal externa; que es la suma de la fuerza de contacto normal menos la fuerza de adhesión para el caso estático, figura 7.

El coeficiente de fricción dinámica esta definido como la relación de la fuerza de fricción instantánea y la fuerza dinámica normal interfacial mostrada en la Ec. (9).

$$\mu_k(t) = \frac{Q(t)}{P_d(t)} = \frac{Q(t)}{F(t) + m\ddot{y}(t)} = \frac{Q(t)}{P(t) - F_s(t) - c\dot{y}(t)} \quad (9)$$

Para calcular el coeficiente de fricción dinámica $\mu_k(t)$, es preciso considerar el sistema dinámicamente. El contacto de las asperezas esta considerado como un resorte no lineal, y la fuerza de contacto es calculada del modelo de contacto de las asperezas. Se presentan dos ecuaciones diferentes de movimiento, una durante el contacto, ec. (10) y otra cuando se pierde el contacto ec. (11).

$$m\ddot{y} + c\dot{y} - P + mg + F_o(1 + \alpha \cos \Omega t) = 0 \quad (10)$$

$$m\ddot{y} + mg + F_o(1 + \alpha \cos \Omega t) = 0 \quad (11)$$

Las soluciones del sistema de ecuaciones dinámicas determinan desplazamiento $y(t)$, velocidad $\dot{y}(t)$ y aceleración $\ddot{y}(t)$ normal de la masa del bloque. Los resultados muestran la respuesta del contacto mediante el coeficiente de fricción dinámica, que es función de las fuerzas normal $P(t)$ y tangencial $Q(t)$ de contacto en el dominio del tiempo, para diferentes valores de coeficiente de amortiguamiento c , fuerza externa y frecuencia natural Ω .

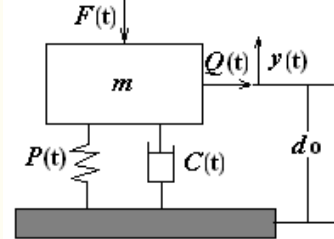


Figura 7 Modelo físico de contacto de dos superficies [7].

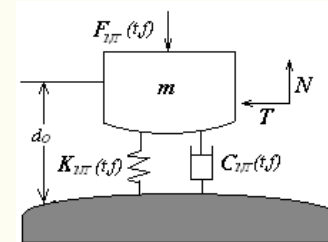


Figura 8 Propuesta de modelo general.

Matriz de representación de los modelos

En la tabla 1 de anexo A, se muestra un concentrado de los parámetros y variables que intervienen en el contacto dinámico de los 7 modelos que se analizaron, en general la mayoría considera el contacto como un sistema masa resorte amortiguador lineal y de Hertz, en una, dos y tres dimensiones con fuerza de excitación arbitraria con uno, dos y tres grados de libertad, y sugiriendo un coeficiente de amortiguamiento en base a la experiencia. La mayoría de los modelos son teóricos y se comprueban experimentalmente, consideran superficies no lubricadas excepto en un solo caso que utilizan lubricación. La superficie se considera rugosa los valores varían en el rango de 0.2 a .5 micras y la altura de las asperidades están representadas por distribución de Gauss y exponencial.

Finalmente se obtiene la amplitud de desplazamiento, velocidad y aceleración pico en el dominio del tiempo y la frecuencia, la respuesta a la frecuencia del contacto estático y dinámico entre dos superficies, el coeficiente de fricción cinético que es función de la carga normal, tangencial y de adhesión. El material de las piezas en contacto es acero.

Valoración de los modelos

El propósito de este estudio surgió de la necesidad de evaluar ruido y vibración en componentes mecánicos para caracterizar el comportamiento dinámico y evaluar cuantitativamente el daño o defecto presente, también encontrar un modelo general que represente las características de los modelos estudiados de manera global. El estudio de los modelos más recientes muestra limitaciones para estos análisis y se ve lejos de obtener una aproximación confiable.

El modelo con mayor aproximación a los casos reales es el de Xi Shi y Andreas A. Polycarpou [7] donde determina el contacto estático y dinámico mediante un sistema masa-resorte-amortiguador, con distribución de Gauss de la altura de las asperidades y al obtener el coeficiente de rozamiento cinético en el dominio del tiempo y en función de la carga normal y la carga tangencial, no queda claro como considera la variación de la velocidad durante el desplazamiento y los efectos transversales y esto limita al modelo en aplicaciones reales acercándose en un 40%.

Kupchenko y Hess [4] determinan la respuesta a la frecuencia del contacto experimentalmente, haciendo mediciones de amplitud de vibración en direcciones x y y, los datos son diferentes a los que se presentan en otros artículos. Los análisis experimentales que realizan son en seco y lubricado, a diferencia de los demás, y determinan el coeficiente de fricción dinámico del sistema haciendo más aproximado el análisis.

En el Modelo Soom y Cheng [1], la excitación es debido a las irregularidades de la superficie, a diferencia de los demás modelos que consideran una fuerza de excitación externa. Esto limita el estudio de componentes mecánicos que están sometidos a carga exterior en su mayoría, sin embargo, es un buen comienzo de análisis para vibraciones inducidas por el contacto. Hess y Soom [2], consideran la rigidez como no lineal en uno de sus artículos, y en el otro artículo consideran la fuerza debido a la rigidez no lineal, como una fuerza generada debido a la deformación de las asperidades, donde la altura de las asperidades tiene distribución gaussiana o exponencial. El valor del coeficiente de amortiguamiento lo determinan mediante el factor de amortiguamiento, el cual es proporcionado en base a la experiencia, estos modelos se aproximan en un 35%.

EL trabajo de Sherif y Abu Omar [5], analiza el contacto como un sistema de dos grados de libertad a diferencia de los demás, considerando dos masas en cantiliver y excitando con un martillo de impactos. Los resultados teóricos coinciden con los experimentales y contemplan implícitamente el amortiguamiento del sistema. Determinan la frecuencia pico del contacto del sistema, tomando en cuenta la rigidez normal y tangencial, la comparación teórica experimental es limitada.

Propuesta de modelo general.

Todos los modelos realizan su análisis de vibraciones inducidas por el contacto en el rango elástico, pudiera muy bien complementarse con lo que obtuvieron Chan et al. [8] en el rango elastoplástico, y más aún con lo que obtuvieron Kogut y Etsión [9], para las transiciones consideradas de elástico a elastoplástico y a plástico.

Es suficiente hacer el análisis en dos dimensiones, con dos grados en dirección normal y tangencial, con respuesta en ambas direcciones y frecuencia pico, buscando obtener el coeficiente de rozamiento cinético en el dominio del tiempo y la frecuencia y obtener amplitudes de vibración en desplazamiento, velocidad y aceleración.

Tomar en cuenta superficies rugosas, donde la distribución de altura de las asperidades sea Gausiana y para simplificar el análisis, considerar la distribución exponencial modificada de Polycarpou u otras. La rigidez por consecuencia estaría implícita en el modelo de rugosidad, y el coeficiente de amortiguamiento tendría que determinarse de manera experimental.

La fuerza de excitación externa, se propone sea en ambas direcciones para determinar los efectos en dirección normal y tangencial, y realizar los análisis para diferentes geometrías que se presentan en la realidad, como en el caso de rodamientos, engranes, juntas homocinéticas, etc. También considerar diferente régimen de lubricación y recubrimiento, aparte del ya estudiado en seco.

La ec. (12) representa un modelo general que considera los efectos en dirección normal y tangencial y donde los valores de posición, velocidad y aceleración pueden estar en expresadas en el dominio del tiempo o de la frecuencia.

$$M_{NT}a(t, f) + C_{NT}v(t, f) + K_{NT}d(t, f) = F_{NT}(t, f) \quad (12)$$

Con este modelo se espera obtener el coeficiente de fricción cinético y las amplitudes de desplazamiento, velocidad y aceleración en el dominio del tiempo y de la frecuencia, esto se aproximará en un 90% de los casos reales siempre y cuando se incluyan los valores de las frecuencias naturales de los componentes del sistema y del sistema mismo.

Conclusiones.

Se presentó una comparación de los métodos de análisis teórico y experimental, para la caracterización y la determinación dinámica de las propiedades de contacto estático y dinámico en superficies rugosas; para obtener cumplir con dos objetivos, primero evaluar los modelos recientes para analizar que tanto se aproximan con los casos reales y segundo una propuesta de un modelo general.

El modelo general contempla parámetros como: altura de las asperidades (con distribución exponencial modificada ó Gausiana), área y carga de contacto, distancia de separación de las superficies, rigidez y amortiguamiento normal y tangencial equivalente, movimiento en uno y dos dimensiones en superficies planas y curvas, seco y lubricado con contacto (en estado elástico, elastoplástico y puramente plástico), entre diferentes materiales.

Anexo A

Tabla 1 Matriz de comparación de los modelos

Carac \ modelo	I	II	III	IV	V	VI	VII
Análisis	Teórico	Teórico	Teórico	Experimental	Teórico-Exp.	Teórico	Teórico
M	5.2N	0.5,1,2 Kg	0.5,1,2 Kg	0.5-50Kg	m_1, m_2	1Kg	0.5Kg
K	Hz-Bilineal	No lineal $f(\delta)$	$f(\delta)=f(h)$	No	$K_t=1,1,10$	K_t y K_n	$P=f(d, K)$
Amortiguamie C	$\zeta=0.1, .02, .03$	$\zeta=1, .01, .02, 0.4$ $\alpha=.05, .04, .02$.025, .0125	$\zeta=0.01$ $\alpha=.05$	No	$\zeta=0.1$	$\zeta=0.025$	$\zeta=0, .01, .05$ $\alpha=.01, .05, .1$
GDL	1	1	1	1	2	1,2 o 3	1
Dimensión	1	1	1	2	1	1,2 o 3	1
Deslizamiento	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
Lubricación	Seco	Seco	Seco	Seco-lubrica	Seco	Seco	Seco
Material	A.carb-A.suav	Acero	A.Duro-A.suave	Acero1045	acero	acero	acero
Rugosidad	0-0.5µm		0.041-0.013	0.5-1.5µm	0.3-0.3µm	$\mu_s=0.4, \mu_k=0.2$ 3	
Topografía	Aleatorio Gausiana	Superficie plana	Exponencial Gausiana	RaB _{1B} , RaB _{2B}	RaB _{1B} , RaB _{2B}	Ninguna	Exponencial mod. Gaussiana
Rango F	0-2000Hz	3000-7000	2400-4200	0-2000Hz	0-1500		
Vel. desliza	4.2-38 cm/s			4.20 mm/s		0.1mm/s	
Carga dinámica	0.09-0.77N	Po=5,10,20N $P(1+\alpha\cos\omega t)$	Po=5N $P(1+\alpha\cos\omega t)$	Shaker	Impulso0.02N 89,103,113N	9.8N 5N $P(1+\alpha\cos\omega t)$	50N $P(1+\alpha\cos\omega t)$
Radio deslizado	16mm	0.01m					
Frec. Reson.N	950 Hz						
Excitación g				.3, .6, .9 g			
Rango de material	Elástico	Elástico	Elástico	Elástico	Elástico	Elástico	Elástico
Met. Sol.	Técnica. Simula Digital	Múltiples escalas	Múltiples escalas	Acelerómetros y medidores fuerza	Ec. MAS	Ec. MAS	Ec. MAS
Resol. Obt.	Respuesta frec. Contactofrecuencia pico	Respuesta frec. Contacto frecuencia pico	Respuesta frec. Contactofrecuencia pico	Respuesta frec. Contacto	Respuesta frec. Contactofrecuencia pico	Vibración en el dominio del tiempo	μ_k dominio del tiempo

Parámetros medidos	Amplitud en aceleración	Amplitud en desplazamiento	Amplitud en desplazamiento	Amplitud en magnitud	Amplitud en Magnitud y fase	Amplitud en Desp. Vel. Y acel. Fuerza de fricción	Desplazamiento Fuerza contacto P Fuerza fricción Q Coef. Fricción μ_k
Var. Parámetros	ζ, A, f, α	m, ω, ζ, α	$m, \omega, \zeta, \alpha, t$	f, a, v	F, K, t, N	T	ζ, α, t

Referencias

- [1].- Address Soom, Jern Wen Chen, 1986, "Simulation of random surface roughness- induced contact Vibrations at Hertzian contacts during steady sliding", ASME Journal Tribology, pp 123-127.
- [2].- D.P. Hess, A.Soom, 1991, "Normal Vibrations and Friction Under Harmonic Loads: Part I Hertzian Contacts", ASME Journal Tribology, pp 80-86.
- [3].- Hess, D. P., and Soom, A., 1991, "Normal Vibrations and Friction Under Harmonic Loads: Part II: Rough Planar Contacts," ASME J. Tribol., 113, pp. 87-92.
- [4].- **S.S. Kupchenko, D.P. Hess, 2000, "Mechanical Contact Frequency Response Measurement", ASME Journal Tribology, pp 828.833.**
- [5].- H.A. Sherif, T.M.Abu Omar, "Interface Proprieties Due to Microslip From Vibration Measurement", ASME Journal Tribology, pp 230-233.
- [6].- Fitsum A. Tariku, Robert J. Rogers, 2001 "Improved Dynamic Friction Models for Simulations of One-Dimensional and Two Dimensional Stick-Slip Motion", ASME Journal Tribology pp.661-667.
- [7].- Xi Shi, Andreas A. Polycarpou., 2003 "A Dinamic Friction Model for Unlubricated Rough Planar Surfaces", ASME Journal Tribology, pp.788-796.
- [8].- Chang. W. R., Etsion, I., and Bogoy, D. B., 1987, "An Elastic-Plastic Model for the Contact of Rough Surfaces," ASME J. Tribol., 109, pp. 257-263.
- [9].- Kogut, L., and Etsion, I., 2004 "A Static Friction Model for Elastic-Plastic Contacting Rough Surfaces," Tribol. Trans., **126**, pp. 34-40.

Combustible para el cuerpo: bebidas energéticas

Diana de la Garza Gamboa¹ y M. C. José Humberto Castañón González²

Resumen— Las bebidas carbonatadas son una opción para estimular al organismo y así llevar a cabo las actividades diarias que han sido perjudicadas por el cansancio y el agotamiento, pero es una buena alternativa los zumos energéticos ya que éstos proporcionan un alto nivel de vitaminas y minerales dándote energía; siendo que las bebidas carbonatadas incrementan tu energía en un periodo de tiempo corto provocando que tengas que consumir más del producto, en cambio, los zumos no te causan esa adicción.

Palabras claves—bebidas energéticas, bebidas carbonatadas, estimulación del organismo, cansancio, agotamiento.

Introducción

En la vida cotidiana de las personas que vivimos el presente siglo, se presentan muchas situaciones que llevan a un estado de cansancio, estrés, tensiones y agotamiento físico y mental, superando nuestra fuerza de voluntad, disminuyendo nuestra energía para seguir adelante con las actividades diarias. De acuerdo con el bombardeo de mercadotecnia de los medios visuales, es en este punto en el cual necesitamos de una bebida que realice una estimulación y devuelva la fuerza para realizar el trabajo y así seguir con las rutinas diarias. Pero dichas bebidas, que con mayor frecuencia se consumen, son carbonatadas que brindan en corto tiempo una elevada cantidad de energía que se consume velozmente queriendo ingerir mas de ellas, mientras que los zumos energéticos proporcionan poco a poco energía sin la necesidad de consumirla de forma excesiva. Es aquí donde se analizarán estos tipos de productos.

Descripción del Método

Muchas veces debido al exceso de cansancio y muestras de debilidad por las actividades propias de cada día, en las que se emplean y gastan demasiadas fuerzas, deseáramos tener una cantidad extra de energía que ayudará a afrontar el día para sentir mayor vitalidad y fuerzas necesarias para continuar realizando las actividades cotidianas. En este caso, hoy en día muchas personas recurren a las bebidas energéticas que en la actualidad son un gran número de marcas comerciales existentes en el mercado, estos productos se jactan de que incrementan la resistencia física, ayudan a reaccionar en forma más rápida y otorgan al consumidor un estado de mayor concentración; asimismo proporcionan una sensación de bienestar, estimulan el metabolismo y colaboran a eliminar sustancias nocivas para el cuerpo.

Las bebidas energéticas o estimulantes, también son conocidas como bebidas carbonatadas, se dice que “animan” durante los primeros minutos, más tarde cuando ésta energía fue consumida se traduce en una sensación de sopor difícil de disimular. Este es el motivo por el cual después de beberlas y que pase su efecto enseguida se trata de volverlas a ingerir, siendo esto un acto adictivo. Sin embargo, si no se llegan a consumir, debido al excesivo cansancio producido pueden caer en un sueño profundo sin la necesidad de haber llegado a tiempo a la cama o al sofá.

El exceso de dicho consumo puede producir efectos cardíacos, hemorragias cerebrales y hasta la muerte en personas con afecciones debido a la cafeína que contienen, primordialmente.

Cabe recalcar que al consumirlas se requiere de un nivel aceptable de actividad física y de una buena alimentación para que los efectos no sean tan perjudiciales. Aunque una bebida energética por sí sola nunca sustituirá a las actividades físicas ni a los nutrientes que proporcionan los alimentos naturales que se pueden consumir hoy en día, ya que los últimos proporcionan una buena salud además de efectuar todas las reacciones y funciones se lleven a cabo de buena forma en el organismo.

Esto se refleja, de acuerdo con Jennifer O'Dea. (2003) en que la mayoría de los consumidores tienen un nivel socioeconómico medio-alto y alto donde principalmente adolescentes preocupados por su mala alimentación tratan de compensarlo con estas bebidas que contienen gran cantidad de vitaminas (según ellos) y les brindan mayor rendimiento deportivo. En éste caso, desconocen el daño que le provocan a su cuerpo y que ese consumo desmedido sólo los conlleva a perjudicarse a si mismos.

Éstas bebidas se encuentran registradas en el Instituto Nacional de Alimentos dentro de la órbita de la Administración Nacional de Medicamentos Alimentos y Tecnología (ANMAT), como suplementos dietarios (James, *et. al.*, 1990). Lo cual parece algo irresponsable porque no ponen una medida límite para su consumo, esto es, que ni en los envases ni en los medios comerciales se encuentran advertencias de las consecuencias que trae tanto su consumo como su exceso y no solamente que

¹ Diana de la Garza Gamboa, es estudiante de 7mo semestre de Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez dianadelagarza@hotmail.com

² José Humberto Castañón González, M. en C., es Profesor-Investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México jcastagnon@ittg.edu.mx (autor correspondiente)

mencionen que prácticamente “curan todo” con solo beberlas. Aunque en algunos países han dado la orden de bajar la dosis de cafeína de 35 a 20 mg por cada 100 mL de bebida estimulante (Libada, *et. al.*, 2008)

Algunas recomendaciones dadas por algunos autores (Vartanian *et. al.*, 2007; Weschler y Rehner, 2006; James *et. al.*, 1990), son que en caso de adquirir este tipo de bebidas energéticas, se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- *Leer las etiquetas, antes de consumir el producto, en varios portales web se pueden encontrar que son cada uno de los componentes que contienen, y si estas son permitidas o están prohibidas en algunos lugares.

- *Si usted emplea algún tipo de medicamento, es mejor evitarlas, sobre todo si contiene algún extracto de hierbas.

- *Si en la etiqueta no se tiene una tabla de información nutrimental, es mejor no comprarla.

- *Es necesario fijarse en el contenido de carbohidratos y calorías, así como evaluar el necesario de cada día. *Es necesario tener la plena seguridad de que todos los ingredientes sean seguros y legales.

- *No se deje llevar por la mercadotecnia, es necesario investigar todos y cada uno de sus componentes.

- *Si la bebida le produce sueño o le crea adicción, suspenda su uso inmediatamente y busque ayuda profesional con un médico especialista.

¿Cómo funcionan?

Las bebidas energéticas que lo que hacen es aportar altas dosis de cafeína y carbohidratos que son sustancias químicas que nos reaniman, por su acción psicoactiva, pero a su vez pueden causarnos un daño directamente a la salud (Libada, *et. al.*, 2008).

La forma en que actúan sobre el sistema nervioso central es inhibiendo en diferentes grados, dependiendo del producto, los neurotransmisores encargados de transmitir las sensaciones de cansancio, sueño, entre otros, potenciando los que se relacionen con las sensaciones de bienestar y a la concentración. Por ejemplo la cafeína logra aumentar los niveles extracelulares de los neurotransmisores como la noradrenalina y dopamina en la corteza prefrontal del cerebro, lo que explica muchos de sus efectos favorables sobre la concentración (Smith y Atroch, 2007; Pan y Takahashi, 2006; Rothwell y Stock, 1986).

Pero, ¿a qué se debe que aporten tanta energía y prometan tanto?

A las diferentes sustancias y a sus aportaciones (Cabrera, *et. al.*, 2006; Kamaldeep *et. al.*, 2005; Lee *et. al.*, 1998). Por ejemplo: la **taurina** disminuye la secreción de ácido láctico en los músculos reduciendo así el cansancio en momentos de desgaste físico, además, acelera las contracciones del corazón; la **cafeína** mejora la concentración (mencionado anteriormente), además es un vasodilatador el cual mejora la irrigación al cerebro, principalmente; la **glucoronolactona** neutraliza los elementos nocivos que produce el mismo organismo en situaciones de tensión; los **aminoácidos** como la glutamina, arginina, leucina, isoleucina y valina retardan la fatiga y mejoran el rendimiento; las **vitaminas del complejo B** alivian la tensión muscular debido a las largas horas de actividad física que, conjuntamente con la cafeína, forman un estado de alerta; el **guaraná** contiene cafeína, con mayor cantidad que la del grano de café; las **hierbas** (como la astragalus, shizandrae y echinacea) mejoran el desempeño del sistema inmunológico defendiendo de las infecciones, o como ginkgo biloba y ginseng los cuales ayudan a la memoria, además están los que producen sensación de tranquilidad como la hierba de San Juan y kava-kava; el **piruvato** que, es una sal que es obtenida del ácido pirúvico, combate la fatiga; el **pantotenato** aumenta la resistencia de las mucosas previniendo infecciones y regulando los tejidos cutáneos; el **oxígeno**, siendo un gas disuelto en la bebida, ayuda a que el acumulado en las arterias de manera natural sea exhalado rápidamente, lo cual se ve reflejado en la mejoría del rendimiento; y por último los **carbohidratos** que son la fuente de energía, pueden presentarse en forma de sacarosa y glucosa, o sucrosa, maltodextrina, fructosa y galactosa.

Pero también hay que tomar en cuenta que contienen suplementos como hidratos de carbono o proteínas que en un momento dado pueden resultar perjudiciales si el cuerpo registra una sobredosis (Rothwell y Stock, 1986).

La mercadotecnia en torno a estos concentrados recomienda que se ingieran en periodos de arduo trabajo y estrés, cuando se requiera atención extrema para solucionar algún problema o al momento en que haya disminución de energía para emprender alguna actividad. Este tipo de bebidas está enfocado a estudiantes, ejecutivos y a trasnochadores cuya necesidad es recuperar energía, sin olvidarse de los deportistas, los cuales así como consumen mucha energía la necesitan para llevar a cabo sus rutinas, sin embargo, éstos saben bien que éstas bebidas solo te dan un “subidón” de energía pero en lapsos cortos provocando que sigan ingiriéndolos por lo que prefieren consumir zumos de fruta (Cabrera *et. al.*, 2006), que son de igual medida energéticos, ya que la diferencia con éstos es que no provocan un “pico energético” debido a que son asimilados por el cuerpo con mayor lentitud liberando energía de manera paulatina y por mucho más tiempo impidiendo que se genere la necesidad de consumirlos a corto plazo. Sin embargo, éstas bebidas no dan energía sino que simplemente son estimuladores del organismo.

Así mismo, no solo las bebidas energéticas estimulan para mantenerte alerta, sino también hay alimentos que producen el mismo efecto. Como por ejemplo, los alimentos ricos en hidratos de carbono, siendo éstos la forma constituyente de una fuente principal e imprescindible de donde se obtiene la energía, se deben a dos grupos de ellos, unos se pueden asimilar rápidamente en el organismo provocando una veloz cantidad de energía, de alto grado pero de baja duración, mientras que los otros son asimilados lentamente proporcionando poco a poco la energía. Tal caso se muestra en la Tabla 1.

Pero lo cierto es que tenemos éstas que son otras alternativas para obtener energía de una forma que no tenga consecuencias perjudiciales en el cuerpo ni en la salud (Smith y Atroch, 2007), siendo una alternativa diferente, saludable y verdaderamente

revitalizante que son los **zumos**, siendo la expresión líquida de las frutas y las verduras, aportando energía pura, hidratantes, depurativos, regeneradores y de fácil absorción en el organismo. Se concentran los valores nutricionales del alimento, desde vitaminas y minerales hasta azúcares naturales y fitoquímicos, animando el cuerpo y llenando de energía, conteniendo hidratos de carbono simples con mayor facilidad de absorción metabólica.

Alimentos con alto valor glucémico	Alimentos con bajo y/o moderado valor glucémico
Harinas refinadas	Pastas integrales
Azúcares	Arroz
Miel, almíbares y mermeladas	Panes integrales
Fruta deshidratada	Legumbres
Productos de repostería	Cereales integrales
Caramelos/golosina/galletas	Frutas
Chocolate y derivados	Verduras
Gaseosas (refrescos)	
...	...

Tabla 1. Comparación entre los alimentos con alto valor glucémico con los de bajo y/o moderado (Libuda *et. al.*, 2008).

El zumo fresco suplanta la pérdida de potasio durante el ejercicio, ésta es la razón por la que los deportistas beben zumos en vez de café, ya que los hace sentir bien y les otorga la energía necesaria para lograr un buen rendimiento; además, después de la actividad física relaja el cuerpo y la mente. La equivalencia entre una bebida energética y un zumo natural se muestra en la Tabla 2.

Equivalencia	
1 lata bebida energética = 4 tazas de café negro	1 vaso de zumo natural = 1 pza de fruta/hortaliza (recomendado comer de 3-4 pzas al día)

Tabla 2. Equivalencia entre una bebida energética y uno de zumo natural (Smith y Atroch, 2007)

Debido a la gran variedad de zumos energéticos concentrados, si se quiere:

*Seguir el día con energía, se recomienda el tomate, ya que da sensación de suficiencia alimenticia, y refuerza el organismo con las vitaminas y minerales.

*Revitalizarse en mente y cuerpo, consumir jugo de naranja, ya que además de ser una fuente de vitamina C, su sabor cítrico y la glucosa son un choque energético para el cerebro.

*Obtener energía natural además de ser un buen antioxidante, la uva, que es rica en hidratos de carbono y azúcares.

Por eso a los deportistas les ayudan los zumos ya que el aporte de vitaminas y minerales es mayor, y si éstos se combinan, los requerimientos de nutrientes se complementan, aumentando los beneficios.

Una de las principales ventajas que tiene consumir los zumos energéticos, es debido a las muchas propiedades que aportan al organismo que provienen tanto las frutas como vegetales que permiten que al ser de tipo “natural” sean mas fácilmente asimilables sin que sucedan los “levantotes” energéticos que llevan a una adicción de algunos contenidos de las bebidas energéticas, además es importante mantenerse en forma a través del ejercicio diario para mantenerse en forma física y mental.

Comentarios Finales

En resumen la información actual de las bebidas tipo energéticas que llegan al consumidor son muy vagas y la mercadotecnia a cautivado principalmente a jóvenes, deportistas y empleados de posición social media a alta, al consumo de estos alimentos.

Conclusiones

El consumo de las bebidas energéticas se deben tomar con suma responsabilidad y conciencia, porque a pesar de brindar beneficios, también puede generar perjuicios si se consumen durante un tiempo prolongado, ya que éstas provocan enfermedades debido a las cantidades y combinaciones de las sustancias que contienen donde la mayoría sirven para dar energía y mantenernos alertas. Al consumirlas hacen que nuestro cuerpo se des controle con dichas cantidades y se desequilibre al término de su absorción, teniendo el cuerpo la necesidad de más energía.

En dichas etiquetas deberían de advertir y restringir su ingestión a los que sean susceptibles a la cafeína, a los que padecen problemas de hipertensión o cardíacos, o a los que tienen diabetes o son intolerantes a algún compuesto específico.

Muchos de los consumidores consideran que son “refrescantes”, “energizantes”, “que solo habían del tipo de bebidas deportivas y energizantes poniéndolos hiperactivos” y “los consideran como refrescos” sin tener la noción del daño que le causan a su organismo.

Recomendaciones

Es muy recomendable que la Secretaría de Salud Federal y Locales tomen cartas en el asunto para normalizar a las empresas que ofrecen este tipo de productos e informar a la sociedad para que tome sus precauciones o tenga al menos mayor información al momento de hacer su toma de decisiones.

Referencias

Cabrera Carmen, Reyes Artacho y Rafael Giménez. “Beneficial effects of green tea-a review” *Journal of the American Collage of Nutrition* Vol. 25, No. 2, 79-99. 2006.

James W Philip, Geraldine McNeill y Ann Ralph. “Metabolism and nutricional adaptation to alteres intakes of energy” *American Journal of Clinical Nutrition* No.51, p 264-9. 1990.

Kamaldeep Bhui, Stephen Stansfeld, Jenny Head, Mary Haines, Sheila Hillier, Stephanie Taylor, Russell Viner y Robert Booy. “Cultural identity, acculturation, and mental health among adolescents in east London’s multiethnic community” *J. Epidemiol Community Health*. No. 59, p 296-302. 2005.

Lee Helen HC, Shirley A. Gerrior y Julie A. Smith. “Energy, macronutrient, and food intakes in relation to energy compensation in consumers who drink different types of milk” *American Journal of Clinical Nutrition* No.67, p 616-23. 1998.

Libada Lars, Ute Alexy, Thomas Remer, Meter Stehle, Eckhard Schoenau y Matilde Kersting. “Association between long-term consumption of sofá drinks and variables of bone modeling and remodeling in a simple of healthy German children and adolescents,” *American Journal of Clinical Nutrition* No. 88, p 1670-7. 2008.

O’Dea Jennifer A. “Consumption of nutricional supplements among adolescents: usage and perceived benefits” *Health Education Research*. Vol. 11, No. 1 p 98-107. 2003.

Pan J. W. y K. Takahashi. “Cerebral energetic effects of cretine supplementation in humans” *The American Journal of Physiology*. No. 292, p 1745-50. 2007.

Rothwell Nancy J y Michael J. Stock. “Influence of carbohydrate and fat intake on diet-induced termogénesis and brown fat activity in rats. Fed low protein diets 1” *American Institute of Nutrition* p 1721-6. 1987.

Smith Nigel y Andre Luiz Atroch. “Guarana’s journey from regional tonic to aphrodisiac and global energy drink” *eCAM/nem* 162. Vol. 3 p 279-82. 2007
Vartanian Jenny R, Marlene B. Schwartz y Nelly D. Brownell. “Effects of sofá drink consumption on nutrition and health: A systematic review and meta-analysis” *American Journal of Public Health*. No. 4 Vol. 97, p. 667-75.2007.

Weschler Louise B. y N. J. Rehrer. “Water versus sport drinks” Letters to the editor. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 100 p 1433-4. 2006.

Notas Biográficas

La C. **Diana De la Garza Gamboa** es estudiante de séptimo semestre, de la licenciatura en Ingeniería bioquímica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, en Chiapas, México.

El M. en C. **José Humberto Castañón González**, es profesor-investigador de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, adscrito a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, donde actualmente es Coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica incluida en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Es autor de 12 artículos y 19 ponencias.

Regiones sismogénicas de mayor peligro sísmico para el estado de Veracruz

Regino Leyva Soberanis MI¹, MI Francisco Williams Linera¹, MI Guadalupe Riquer Trujillo¹

Resumen— Basados en el análisis de los catálogos histórico e instrumental y la fisiografía, se hizo una división de las regiones sismotectónicas del Estado de Veracruz, tomando consideraciones como: la historia sísmica de la región, el análisis de localización hipocentral de eventos de características similares, las características tectónicas comunes de la zona, mecanismos focales y/o patrones de fallamiento. Para este último punto, se analizaron los mecanismos focales de 34 sismos.

Palabras claves— regiones sismotectónicas, localización hipocentral, características tectónicas, mecanismos focales

Introducción

La periodicidad de ocurrencia de sismos con determinada intensidad en una zona, define el peligro sísmico de la misma. Estudiar el fenómeno depende en gran medida de la densidad y cobertura adecuada de una red de instrumentación instalada para el registro sísmico. Conocer la amenaza en una región, permite tomar medidas para atenuar las afectaciones, sobre todo en las construcciones, pues si bien los sismos actúan en forma general, afectan mayormente a las más vulnerables. Aunque los sismos de grandes magnitudes en México tienen su epicentro en las costas del Océano Pacífico, sismos importantes han marcado al estado de Veracruz (Jáltipan 1959, Jalapa 1920 y Orizaba en 1973), y su potencial sísmico aún no ha sido suficientemente estudiado por la poca información disponible.

Previamente a la propuesta de la subdivisión del Estado de Veracruz en regiones sismotectónicas, se elaboraron los catálogos de sismos históricos pre-instrumentales (Hernández, A., 2008), y el de sismos instrumentales (Pérez, S., 2009a, b). Así como también se analizaron los mecanismos focales de 34 sismos.

Marco tectónico

Las características de la región del Istmo de Tehuantepec han despertado el interés para diversos estudios de tipo geológico, geofísico y de sismicidad, y los resultados obtenidos en este trabajo para el estado de Veracruz pueden ser relacionados con los sismos. Así, el estado de Veracruz se ubica en la vecindad de una zona de características geotectónicas complejas, controladas por la interacción de tres placas tectónicas: la placa de Cocos (CO), la de Norteamérica (NA) y la del Caribe (CA). La placa de Cocos subduce a la de Norteamérica generando con ello una profunda fosa oceánica conocida como la trinchera mesoamericana (MAT). Por otro lado, el movimiento entre las placas de Norteamérica y Caribe genera una larga zona de fallas izquierdas conocidas como el sistema de fallas Motagua-Polochic (MOFZ), que originan gran actividad sísmica en la región (Bravo et al., 2003).

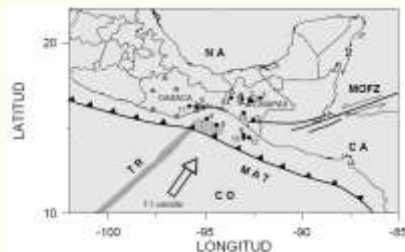


Figura 1. Marco tectónico del área de estudio.

Catálogo de sismos históricos (1523-1910)

La actividad sísmica puede ser de larga periodicidad, y si nos limitamos solo a los registros instrumentales, corremos el riesgo de omitir la presencia de sismos importantes. El primer sismo en el estado al que hacen mención los españoles después de la conquista, es el ocurrido en la sierra, posiblemente cerca del Valle de Tehuacán entre los estados de Veracruz y Puebla el 1º de abril de 1523. Por ello se estableció este período para el catálogo pre-instrumental, que contiene 950 sismos “sentidos” en el estado. Se recurrió a fuentes bibliográficas como “Los sismos en la historia de México”, 1996 de García y Suárez. Esta base de

¹ Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. S. S. Juan Pablo II, s/n, Campus Mocambo, Fracc. Costa Verde, C.P. 94294, Boca del Río, Ver., México, Tel. (229) 7752000 ext. 22214, 22215, 22216 reginol@yahoo.com

datos contiene fechas de ocurrencia, características del movimiento, lugares de afectación del sismo y la respuesta de la gente entre otros datos (Hernández, A., 2008) (ver Figura 2).

Catálogo de sismos instrumentales (1910-2008)

El Catálogo de la Sismicidad de México (Zúñiga, F., 2008), fue una de las bases de datos más completa consultada, y quedó complementada con catálogos nacionales como el del Servicio Sismológico Nacional (SSN), el de la red sísmica local de Laguna Verde (CFE), el del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana (REVIS) y el de I. Mora para el estado de Veracruz, cada uno de ellos en sus diferentes períodos. Se consultó también la agencia internacional U.S. Geological Survey (USGS).

El análisis del catálogo se hizo con el paquete ZMAP (S. Wiemer, con aportaciones de R. Zúñiga y otros), el cual es de uso cotidiano en varios observatorios sismológicos mundiales, y constituye una herramienta muy útil para el análisis de la completitud y homogeneidad de catálogos, que a su vez despliega con gráficos; define las anomalías en la tasa de sismicidad de una región y realiza análisis de detalle en regiones seleccionadas. Para el manejo y presentación de mapas se usó el programa ArcGis. El catálogo quedó constituido por 3244 eventos, cuya distribución espacial epicentral de la región (Pérez, S., 2009a, b) se muestra en la figura 3.

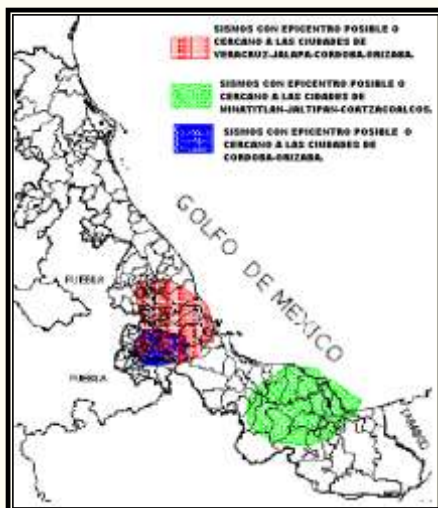


Figura 2 Probables zonas de epicentros de sismos históricos.

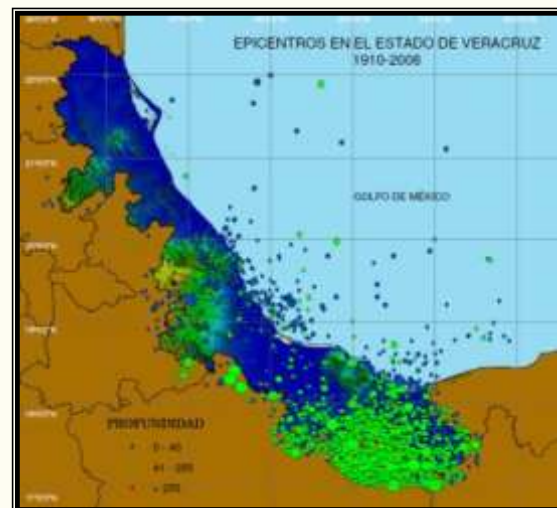


Figura 3. Epicentros registrados entre 1910 y 2008.

Mecanismos focales de sismos en el estado de Veracruz

Se consultó la base de datos del sismológico de Harvard Seismology (<http://www.seismology.harvard.edu>), de donde se obtuvieron los mecanismos focales de 34 sismos ocurridos entre los años de 1979 a 2009, entre las coordenadas 17° a 23° latitud N y de 93° a 99° longitud W y cuyas magnitudes (Mw) varían entre los 5 a 7.1 (ver tabla 1).

De acuerdo a las características de los planos de falla dados en la tabla 1, los sismos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33 y 34 presentan fallas de tipo normal con transurrencias lateral derechas o lateral izquierdas. Solamente los sismos 7 y 8 presentan falla normal sin transurrencia, mientras que los sismos 18 y 23 son los únicos que presentan fallas inversas. El sismo 30 ubicado en el Golfo de México es de transurrencia pura.

Una manera de interpretar estos mecanismos focales, es observando su distribución espacial (figura 4), su orientación de sus ejes principales o planos de falla, el tipo de falla y su profundidad. Para esto hemos agrupado en tres zonas:

La primera conformada por 15 mecanismos de fallamiento normal con algo de transurrencia (20, 34, 15, 17, 2, 4, 13, 19, 9, 6, 7, 8, 29 y 27) y con una orientación en general hacia el NE. Muestran una variación en la profundidad entre los 50 a 80 km. De acuerdo a estos resultados se pueden interpretar, que estos sismos están asociados al rompimiento de la parte final de la placa de

Cocos subducida bajo la placa Norteamericana en la región de Puebla y Oaxaca.

La segunda familia lo conforman 5 mecanismos que también presentan fallamiento normal con algo de transcurrancia (16, 22, 24, 26, y 12) con una orientación también hacia el NE. Muestran una variación entre los 100 a 140 km. de profundidad. De acuerdo a estos resultados se pueden interpretar como sismos asociados también al rompimiento de la parte final de la placa de Cocos subducida bajo la placa Norteamericana en la región de Oaxaca, donde la placa sufre una inclinación hacia el este, como lo demuestran las profundidades de estos sismos.

Sismo	Fecha	Lat	Long	H (Km)	Mw	Mb	Planos de Falla			Tipos de Fallas
							Az	Buz	Des	
1	1979-06-22	17.65	-	117.1	6.9	6.3	190	47	140	Normal con transcurrancia lateral derecha
							130	62	51	
2	1980-10-24	18.14	-	63.4	7.1	6.4	311	26	114	
							105	66	79	
3	1983-09-18	17.09	-	139.3	5.4	5.1	203	32	156	Normal con transcurrancia lateral derecha
							314	78	61	
4	1984-06-04	17.62	-	62.1	5.3	5.4	289	45	108	
							84	48	73	
5	1984-09-01	17.44	-93.8	161	5.3	5.1	186	40	138	Normal con transcurrancia lateral derecha
							311	65	58	
6	1985-07-04	17.55	-	67.6	5.1	5.0	318	41	82	
							148	49	97	
7	1985-09-15	17.70	-	71.3	6.0	5.9	290	39	90	Normal con pequeña transcurrancia lateral izquierda
							110	51	90	
8	1987-07-15	17.42	-	72.4	6.2	6.0	299	39	90	
							119	51	90	
9	1988-03-31	17.74	-97.3	69.7	5.0	5.1	293	38	81	Normal
							125	53	97	
10	1988-09-07	17.39	-	155.3	5.2	5.0	238	25	158	
							348	81	67	
11	1989-05-30	17.63	-	142.4	5.8	5.1	188	56	146	Normal con transcurrancia lateral derecha
							298	63	39	
12	1991-07-25	17.89	-95.2	132.9	5.7	5.3	166	43	107	
							324	49	75	
13	1993-08-05	17.62	-	53.5	5.2	4.9	294	39	45	Normal con transcurrancia lateral izquierda
							166	64	120	
14	1994-02-23	18.22	-	74.7	5.8	5.4	278	36	97	
							90	54	85	
15	1994-05-06	18.38	-98.2	61.7	5.2	4.9	121	39	66	Normal con pequeña transcurrancia lateral derecha
							332	55	109	
16	1994-08-28	17.26	-	40.2	5.5	5.4	119	18	88	
							302	72	91	
17	1997-04-03	18.51	-98.1	51.7	5.2	5.1	258	27	93	Normal con transcurrancia lateral izquierda
							75	63	89	
18	1998-04-25	17.77	-	75.3	5.2	4.9	237	48	-42	
							8	55	-124	
19	1999-06-15	18.44	-	61.2	6.9	6.4	309	40	97	Normal con transcurrancia lateral derecha
							119	51	84	
20	2000-07-21	18.25	-	56	5.8	5.4	289	33	99	
							98	57	84	
21	2001-12-19	17.57	-	177.1	5.2	4.9	177	29	144	Normal con transcurrancia lateral izquierda
							300	74	66	
22	2002-01-30	18.22	-	116.6	5.9	5.6	146	27	98	
							317	63	86	
23	2002-06-11	17.61	-	143.7	5.3	4.9	178	45	-172	Normal con pequeña transcurrancia lateral derecha
							82	84	-45	
24	2004-01-17	17.90	-	106.4	5.2	5.1	325	44	103	
							128	48	78	
25	2004-04-20	17.50	-	146.2	5.4	4.9	191	50	140	Normal con pequeña transcurrancia lateral derecha
							310	61	48	
26	2004-08-07	17.25	-95.3	104.7	5.8	5.4	161	27	116	

							312	66	77	
27	2005-09-24	18.20	-	61	5.0	5.0	80	53	44	Normal con transcurrancia lateral izquierda
							320	56	134	
28	2006-01-18	17.04	-	120.5	5.0	5.1	186	48	142	Normal con transcurrancia lateral derecha
							303	63	49	
29	2007-05-04	17.5	-	59.5	5.0	5.0	176	46	134	Transcurrancia
							302	59	55	
30	2007-05-23	21.98	-	24	5.6	5.4	102	80	180	Normal con transcurrancia lateral derecha
							192	89	10	
31	2007-09-15	17.59	-	144.4	5.4	5.0	162	33	119	Normal con transcurrancia lateral derecha
							309	61	72	
32	2007-10-01	17.68	-	154.2	5.3	5.1	200	26	138	Normal con pequeña transcurrancia lateral derecha
							329	73	70	
33	2008-11-23	17.38	-	167.4	5.0	4.8	173	21	-59	
							321	72	-101	
34	2009-05-22	18.24	-	60.5	5.6	5.7	289	35	-60	
							73	61	-109	

Tabla 1. Planos de falla de sismos en el estado de Veracruz

La tercera familia lo conforman 11 mecanismos que también presentan fallamiento normal con algo de transcurrancia (28, 25, 11, 31, 32, 18, 33, 1, 21, 5, 10 y 3) con una orientación en general hacia el Este. Muestran una variación entre los 140 a 180 km. De acuerdo a estos resultados se puede interpretar que la placa de Cocos sufre un hundimiento lateral mucho mayor que la zona anterior, ya que la profundidad de estos sismos llegan hasta una profundidad de 180 km. Esto se puede corroborar al comparar las diferencias del ángulo de subducción de la placa de Cocos entre la zona de Oaxaca y la de Chiapas. En la zona de Oaxaca la placa de Cocos subduce con un ángulo somero menor de 30 grados, en la zona de Chiapas la subducción presenta un ángulo mayor a los 45 grados. Esto ya fue discutido por varios autores (Ponce et al., 1992), quienes manifiestan que el Istmo de Tehuantepec está ubicado en una compleja zona donde limitan tres grandes placas: la Placa Norteamericana, la Placa de Cocos y la Placa del Caribe. La dorsal de Tehuantepec (Bravo et al., 2003), parece actuar como una zona de transición en la morfología de la Placa de Cocos entre los estados de Oaxaca y Chiapas. De acuerdo con Barrier, et al., (1997) el Istmo de Tehuantepec es una continuación de la Zona de Fractura de Tehuantepec, es decir, una línea batimétrica inactiva de la Placa de Cocos.

En la misma figura 4, se pueden identificar los sismos 18 y 23 que se encuentran dentro de la zona de transición entre la región de Oaxaca y Chiapas y tienen fallas inversas, probablemente estén asociados a fallas relacionadas con la zona cortical de la región de Jaltipán.

El sismo 30 con epicentro dentro del Golfo de México es de transcurrancia, la cual podría estar relacionada con alguna falla

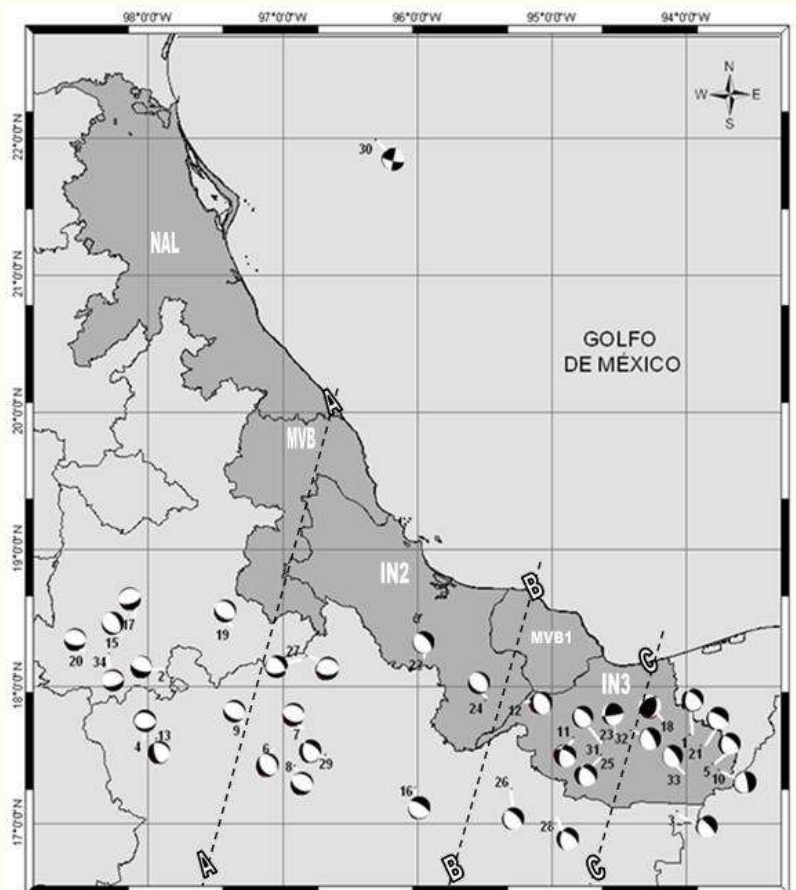


Figura 4 Mecanismos focales de sismos

locales del Golfo de México (Ponce y Suarez, 1985). Para comprobar esto requiere que se tengan una mayor cantidad de mecanismos de falla de la zona.

Propuesta de regiones sismotectónicas del estado de Veracruz

Con base en el análisis de la tectónica, sismicidad y la fisiografía, se hizo una propuesta de regiones sismotectónicas, tomando consideraciones como la localización hipocentral de eventos de características similares, las características tectónicas comunes de la zona, mecanismos focales y/o patrones de fallamiento, características principales de la liberación de energía de los sismos dentro de cada región e identificación de aquellos eventos cuyas afectaciones a la población resultaron los más nocivos en cada región. Una referencia relevante fue el trabajo realizado por R. Zúñiga et al., "Peligro Sísmico en Latinoamérica y el Caribe", 1997, de donde se toma la nomenclatura para esta propuesta (ver figura 5).

Región MVB

Se caracteriza por los volcanes que en su área se extienden. La mayoría de los eventos que ocurren en esta zona son de poca profundidad ($h < 40$ km) y baja magnitud ($M_s < 4$). Estos sismos someros son eventos intraplaca, y se relacionan con la placa Norteamericana (NOAM) y esfuerzos tensionales relacionados con el Cinturón Volcánico Mexicano. Posiblemente active el mecanismo de fallamiento inverso el balance entre los esfuerzos, producidos por la alta topografía del cinturón volcánico y los inducidos por la interacción de placas. El sismo característico en esta zona es de poca profundidad ($h = 24$ Km), pero con un gran potencial destructivo como el del 4 de enero de 1920 ($M_s = 6.4$).

Región MVB1

Al igual que la anterior se caracteriza por su alta topografía y actividad volcánica, aunque rodeado de una fisiografía diferente. La mayor actividad sísmica es de poca profundidad ($h < 40$ km) y magnitud ($M_s < 4$), probablemente asociados a la actividad sísmica reciente del volcán San Martín Tuxtla.

Región NAM

Es una zona con una mayoría de eventos intraplaca (NOAM) someros ($h < 40$ km) y magnitud $M_s < 4$. Para esta región destaca el sismo del 26 de agosto de 1959, con una profundidad superficial (20 km) y magnitud de $M_w = 6.4$, conocida como el temblor de Jáltipan, así como los dos sismos de fallamiento inverso reportados en el análisis de los mecanismos focales (18 y 23).

Región IN2

Esta región comprende la sección profunda de la zona de subducción y corresponde a la extensión de la zona SUB2 (Zúñiga et al., "Peligro Sísmico en Latinoamérica y el Caribe", 1997). Los sismos que ocurren en esta zona muestran fundamentalmente mecanismos focales de falla normal, con sus ejes de máxima tensión en la dirección paralela al echado de la placa subducida. La mayoría de los eventos son de mediana profundidad (40 y 200 km) y en este siglo han ocurrido eventos con magnitud $M_s > 7$. Como un evento importante destaca el del 28 de agosto de 1973, con una $M_s = 7.3$ y profundidad $h = 82$ km, conocido como el temblor de Orizaba por los daños en esa ciudad.



Figura 5. Regiones Sismotectónicas

Región IN3

Esta región corresponde a la extensión a profundidad de la zona SUB4 (Zúñiga et al., “Peligro Sísmico en Latinoamérica y el Caribe”, 1997). Comprende sismos, principalmente del tipo de fallamiento normal, de profundidad intermedia a profunda dentro de la placa de subducción. La densidad de sismicidad umbral es mucho mayor que en la vecina zona IN2. Zona cercana a la de transición de la subducción de Cocos por debajo de NOAM, a subducción bajo la placa del Caribe. En el Estado destaca el sismo del 11 de agosto de 1948, con una profundidad $h=100$ km, y $M_s=6.7$.

Región GMX

Es una región con eventos intraplaca someros, aunque con una sismicidad registrada escasa no deja de ser importante por su cercanía a ciudades densamente pobladas, así como de gran peligro para plataformas marinas. Por su magnitud ($M_s=7.5$) y ubicación, vale la pena mencionar los sismo del 26 de agosto de 1959 con una profundidad $h=20$ km cerca de Coatzacoalcos y el del 11 de marzo de 1967 con una profundidad $h=24$ km y magnitud $M_s=5.6$, frente a la ciudad y puerto de Veracruz. Del análisis de los mecanismos focales, destaca el sismo número 30 (del 23 de mayo del 2007, $prof = 24$ km, $M_s = 5.4$) ubicado en el Golfo de México, que presenta un fallamiento de transcurrencia pura.

Región NAL

Es una zona de baja actividad sísmica detectada por la red nacional, con eventos solamente localizables por redes de cobertura local. El sismo máximo registrado es de $M_s=4.6$ el 25 de Noviembre de 1966, con profundidad indefinida.

Conclusiones

Se puede apreciar una gran actividad sísmica en el centro y sur del estado Veracruz, haciéndose más disperso al norte (Región NAL), aunque por la escasa instrumentación en esta última región, es posible que no sea representativa de su potencial. La actividad sísmica del centro del estado está asociada principalmente, a los esfuerzos tensionales del Cinturón Volcánico Mexicano, como se describe en la región MVB, cuyas características son de poca profundidad ($h<40$ km) y baja magnitud ($M_s<4$), como se puede observar en la figura 3. Otra zona de menor sismicidad que la anterior, es la región IN2, donde probablemente la parte de mayor peligrosidad de esta región sea la zona límite con el estado de Oaxaca, donde probablemente también se encuentre los límites de la placa de Cocos subducida.

Sin embargo, la región de mayor peligrosidad para el estado de Veracruz, es sin duda las regiones NAM y IN3, asociadas a la gran actividad sísmica superficial y profunda, relacionadas con la presencia de tres grandes placas: la Placa Norteamericana, la Placa de Cocos y la Placa del Caribe. Aún cuando en este trabajo se ha intentado describir su distribución espacial de estas dos zonas activas (NAM y IN3), así como alguna de sus características de ruptura, falta mucho por detallar cada una de estas zonas, ya sea sus límites de acción, parámetros de fuente, periodos de recurrencia, etc., lo cual solo se podrá lograr instrumentando esta zona con un mayor número de sismógrafos de banda ancha.

De igual forma, están las otras dos regiones propuestas, me refiero a la zona MVB1 y GMX. La primera asociada principalmente a la actividad sísmica reciente del volcán San Martín Tuxtla, y la segunda de mayor dimensión asociada a la tectónica del Golfo de México, requieren también de un mayor número de estaciones sísmicas para evaluar su verdadero potencial sísmico, así como muchos otros parámetros sismológicos.

Reconocimientos

Estos trabajos son financiados por los Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del estado de Veracruz (FOMIX) y forma parte del proyecto: “Propuesta de zonificación sísmica para el estado de Veracruz”, (2007-2009), clave 32675.

Al Dr. Ramón Zúñiga por la información del Catalogo de sismos instrumentales.

A la Ing. Sara Pérez Torres por su participación en el procesamiento de la información y el dibujo de mapas.

Referencias

Barrier, E., Velasquillo, L., Chavez, M., Gaulon, R. (1998), "Neotectonic evolution of the Isthmus of Tehuantepec (southeastern México)", *Tectonophysics* 287, págs. 77-96.

Bravo, H., Rebollar, C., Uribe, A., Pérez, M.E., López, P., Jiménez, O. (2003), "Estructura de la corteza y geometría de la zona de Wadati-Benioff en la zona del Istmo de Tehuantepec", XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, León Guanajuato, México.

García, V., Suárez, G. (1996), "Los sismos en la historia de México, tomo I". Ediciones Científicas Universitarias de la UNAM y el Fondo de Cultura Económica. ISBN 968-16-4874-9. México, D.F.

Hernández, A. (2008), "Catálogo de sismos históricos para el estado de Veracruz (1523-1912)". Tesis para obtener el título de Licenciatura en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Región Veracruz-Boca del Río, Universidad Veracruzana.

Pérez, S. (2009a), "Catálogo sísmico instrumental del estado de Veracruz (1910-2008)". Tesis para obtener el título de Licenciatura en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Región Veracruz-Boca del Río, Universidad Veracruzana.

Pérez, S., Riquer, G., Williams, F., Leyva, R. (2009b), "Catálogo sísmico instrumental del Estado de Veracruz (1910-2008)", Tercer congreso internacional de ciencias, tecnología, artes y humanidades, Coatzacoalcos, Ver., México.

Ponce, L., Gaulon, R., Suarez, G., Lomas, E. (1992), "Geometry and state of stress of the downgoing Cocos Plate in the Isthmus of Tehuantepec, México", *Geophysical Research Letter*, Vol. No. 8, págs. 773-776, April 24 1992.

Ponce, L and G Suárez (1985), "Evaluation of seismicity and of the maximum earthquake potential at the Laguna Verde Nuclear Power plant", Informe del Instituto de Geofísica, UNAM.

Zúñiga, F. (2008), "Catálogo de la sismicidad de México", sin publicar.

Zúñiga, R., Suárez, G., Ordaz, M., García-Acosta, V. (1997), "Proyecto: Peligro Sísmico en Latinoamérica y el Caribe", Reporte final, Capitulo 2, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa, Canadá.

Métodos de análisis de estructuras de mampostería: teórico y experimental

Francisco Williams Linera MI¹, MI Guadalupe Riquer Trujillo¹, MI Regino Leyva Soberanis¹

Resumen— La mampostería en México es uno de los materiales más usados en la construcción de viviendas, sin que exista a la fecha un criterio unificado para el modelado de estructuras confinadas, principalmente para el análisis sísmico. Este trabajo subraya las diferencias más importantes entre algunas de las metodologías más usadas como: la columna ancha, el método simplificado y el muro en voladizo, usando como referencia un edificio de departamentos. El edificio también fue instrumentado con acelerógrafos para obtener mediante vibración ambiental el primer modo de vibrar, aplicando el método de razones espectrales. Estos resultados fueron cotejados con los obtenidos por métodos analíticos, resaltando en cada uno de ellos la contribución de las diferentes variables que intervienen en la respuesta dinámica estructural. Lo anterior, confirma la importancia de un modelo matemático adecuado y enfatiza los problemas que representan las discordancias con la construcción final.

Palabras claves— Columna ancha, vibración ambiental, cocientes espectrales

Introducción

En México se recurre con mucha frecuencia al uso de las construcciones a base de muros de carga de mampostería, sobre todo en construcciones de baja y mediana altura. El desempeño de las construcciones de mampostería ante sollicitaciones gravitacionales casi siempre es satisfactorio, sin embargo los daños causados por el efecto de los sismos suele ser más impactante. Esto es en parte porque la mayoría de estas construcciones no fueron objeto de un diseño estructural, y muestran obvios defectos de estructuración, construcción y calidad en general. Las construcciones de mampostería tienen su principal aplicación en viviendas económicas y la normatividad vigente contempla muchos aspectos sobre el diseño y los materiales que las constituyen, así como su detallado, especialmente la confinada sujeta a fuerzas sísmicas. Sin embargo, en la práctica profesional, es en los diferentes criterios para determinar la magnitud y distribución de las acciones donde se identifican las mayores diferencias entre los resultados y en ocasiones hasta contradicciones. Existen esfuerzos con fines de investigación donde se han desarrollado modelos analíticos y de comportamiento no lineal, sin embargo el modelado de estas estructuras siguen resultando un problema complejo para fines prácticos (Taveras 2008, GAEM 2008). En este trabajo, se siguen las recomendaciones dadas por las Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, versión 2004 (NTCM-04) y los elementos mecánicos de diseño se obtienen aplicando los criterios más usados en la práctica como: el método simplificado, muro en voladizo y columna ancha. También se determinaron experimentalmente y con fines comparativos los períodos fundamentales de vibración de la estructura usando vibración ambiental. Para el análisis sísmico se usa el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad de 1993, Diseño por sismo (MDOC-CFE-93).

Descripción de la Estructura

Es un edificio de departamentos de dos niveles con planta tipo (figura 1), estructurado a base de muros de carga confinados de tabique de barro recocido, las losas de entrepiso y azotea son de concreto reforzado, apoyado en una losa de cimentación rigidizada con contratraveses.

Para su análisis y diseño se consideró una resistencia a la compresión de la mampostería de $f_m^* = 20 \text{ kg/cm}^2$ y a compresión diagonal de $v_m^* = 3.5 \text{ kg/cm}^2$; concreto con una resistencia a la compresión $f_c' = 200 \text{ kg/cm}^2$ en losas, reforzadas con malla electro soldada 6x6 – 6/6 con un límite de fluencia $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$. Los castillos de concreto con un $f_c' = 150 \text{ kg/cm}^2$, reforzados con una armadura electro soldada de 15x20-4, con acero longitudinal con $f_y = 6000 \text{ kg/cm}^2$ y transversal $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$.

De acuerdo al MDOC-CFE-93, para el análisis sísmico se consideró un coeficiente sísmico $c = 0.32$ con un factor de comportamiento sísmico $Q = 2.0$; por su destino la estructura pertenece al grupo B y se encuentra ubicada en la ciudad de Veracruz, Ver., México, en un terreno tipo II.

¹ Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, Av. S. S. Juan Pablo II, s/n, Campus Mocambo, Fraccionamiento Costa Verde, C.P. 94294, Boca del Río, Ver., México, Tel. (52-229) 7752000 ext. 22214, 22215, 22216 franciscowilliamslinerar@yahoo.com.mx

Métodos de Análisis

Método Simplificado:

Se aplica a edificios cuyo sistema resistente principal es a base de muros que cumplen con los requisitos establecidos en la sección 3.2.3.3 de las normas NTCM-04, con una geometría regular tanto en planta como en elevación. Se asume que los muros se deforman solo por cortante y que el cortante último se alcanza en todos los muros, lo que supone que tienen la suficiente capacidad de deformación para redistribuir los esfuerzos y tener una distribución uniforme de estos y por lo tanto se considerara que la fuerza cortante que toma cada muro o segmento de muro es proporcional a su área transversal, ignorando los efectos de torsión, de momento de volteo y de flexibilidad de diafragma.

Los muros deberán tener una distribución sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales. Para ello, la excentricidad torsional calculada estáticamente e_s puede estimarse como el cociente del valor absoluto de la suma algebraica del momento de las áreas efectivas de los muros, con respecto al centro de cortante del entrepiso, entre el área efectiva total de los muros orientados en la dirección de análisis (figura 2). El área efectiva es el producto del área bruta de la sección transversal del muro A_t y el factor F_{AE} , dado por: $F_{AE} = 1$ si $H/L \leq 1.33$ y $F_{AE} \leq (1.33 H/L)^2$ si $H/L > 1.33$.

La estructura no cumple con la excentricidad torsional e_s en la dirección longitudinal, ya que se excede del diez por ciento de la dimensión en planta del entrepiso, medida paralelamente a dicha excentricidad, por lo que debe ser analizada con otro método.

Es conveniente la aplicación de este método como un paso previo a uno más detallado ya que permite estimar con poco esfuerzo la pertinencia de la densidad de muros existentes en cada dirección.

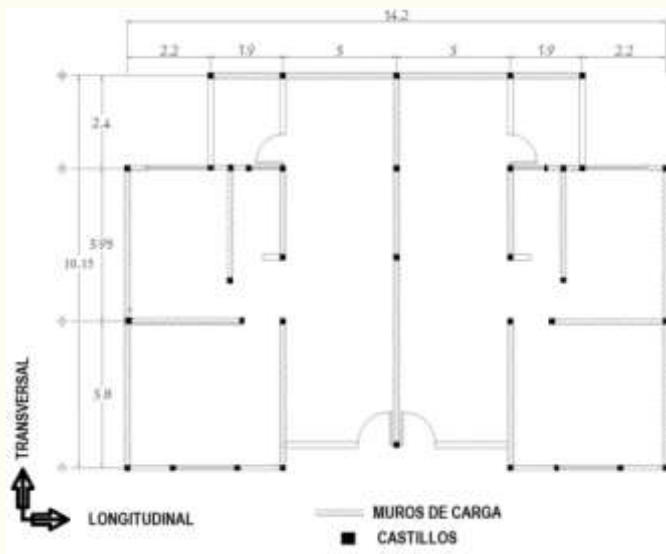


Figura 1. Planta tipo

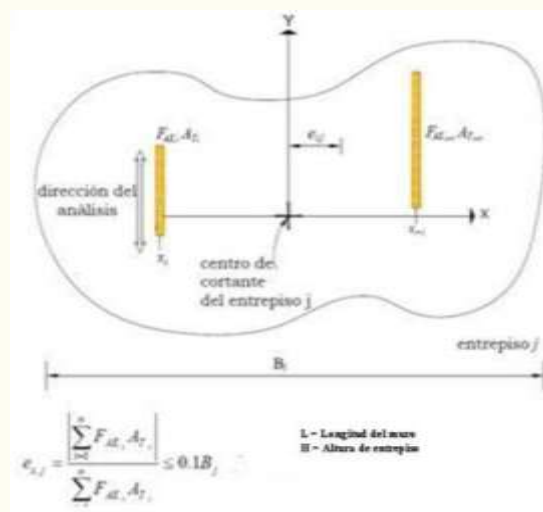


Figura 2. Excentricidad torsional

Método del muro en voladizo (MMV):

Aunque actualmente las NTCM-04 en la sección 3.2.3 referente al análisis de estructuras de mampostería sujetas a cargas laterales presenta el método de la columna ancha como el indicado para estos casos, la realidad es que en la práctica existen programas de cómputo de uso común basados en el método del voladizo, por este motivo se analizó la estructura aplicando este método.

El método (figura 3), idealiza a los muros como columnas en voladizo tomando en cuenta su rigidez a flexión y a cortante y despreciando el acoplamiento de las losas. Para muros con una relación altura/longitud pequeña (menor a 2) esta hipótesis es adecuada, sin embargo para muros con relaciones grandes (mayores a 2), la hipótesis es conservadora ya que para este caso las losas logran acoplar su comportamiento. La fuerza cortante se distribuyó en función de la rigidez K de los muros (Bazan, 2003). Es importante mencionar que para el cálculo del momento de inercia (I) se debe tener en cuenta que los muros que se están analizando en una dirección, forman tipos de secciones con los muros transversales.

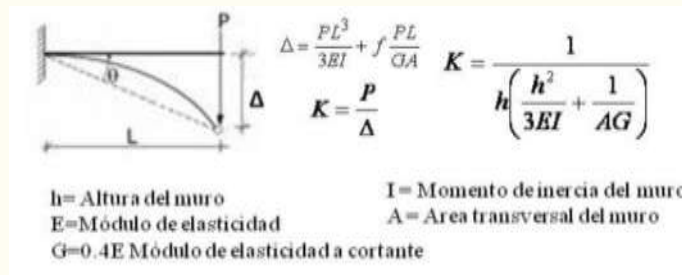
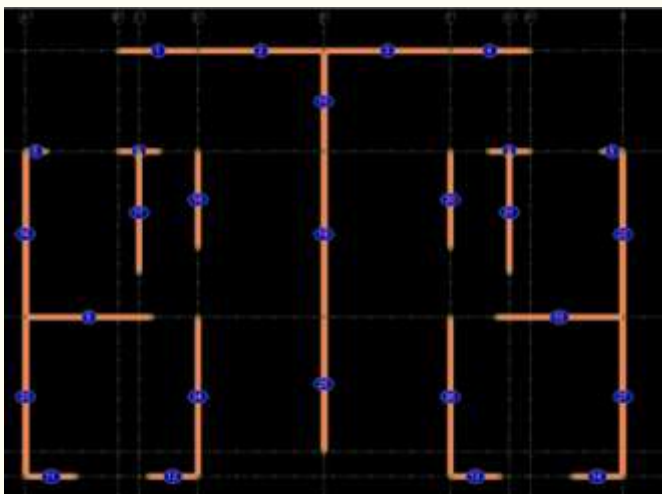
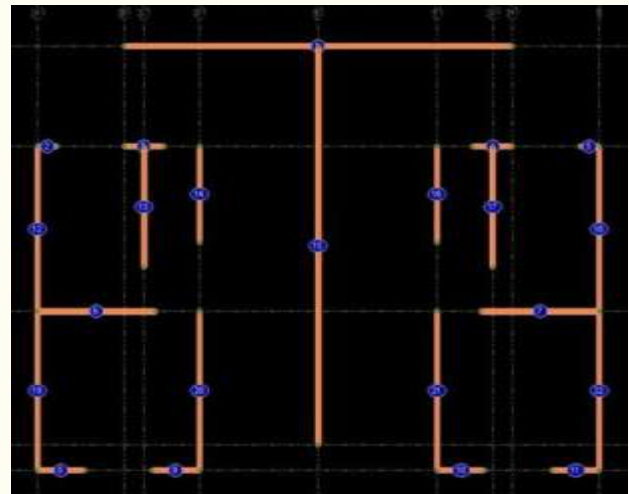


Figura 3. Método del Voladizo

La estructura se analizó considerando un modelo con los muros largos completos y otro modelo dividiendo los muros largos en muros cortos (figura 4). Esto último, permite tomar en cuenta las recomendaciones que se dan para estos casos al aplicar el método de la columna ancha con la finalidad de poder hacer comparaciones entre ellos con los resultados obtenidos.



Modelo 1, con muros cortos



Modelo 2, con muros largos

Figura 4. Modelos de análisis para el método del voladizo

Método de la columna ancha (MCA):

Este método recomendado en la sección 3.2.3 de las NTCM-04 para estructuras de mampostería confinada o reforzada interiormente, tiene como ventaja que los sistemas de muros se idealizan como sistemas de marcos, lo cual simplifica el modelado y el procedimiento de análisis se vuelve más práctico. Consiste en considerar un muro como una columna ancha, con todas sus propiedades mecánicas y geométricas concentradas en su eje centroidal (correspondiente a la columna) y se supone que las zonas de las vigas que se encuentren dentro de los muros son zonas infinitamente rígidas a flexión y cortante (figura 5).

En el caso de muros largos, se recomienda dividirlos en segmentos, cada uno de los cuales se debe considerar como una columna ancha independiente con sus respectivos momentos de inercia y áreas de cortante equivalente. De igual forma, se especifica que las columnas anchas estarán acopladas por vigas con el momento de inercia de la losa en un ancho equivalente, al cual deberá sumarse el momento de inercia de dinteles y pretilos.

Para el cálculo de la rigidez a flexión en losas, con o sin pretilos, se considera un ancho de cuatro veces el espesor de la losa a cada lado de la trabe o dala, o de tres veces el espesor de la losa cuando no se tiene trabe o dala o cuando la dala está incluida en el espesor de la losa.

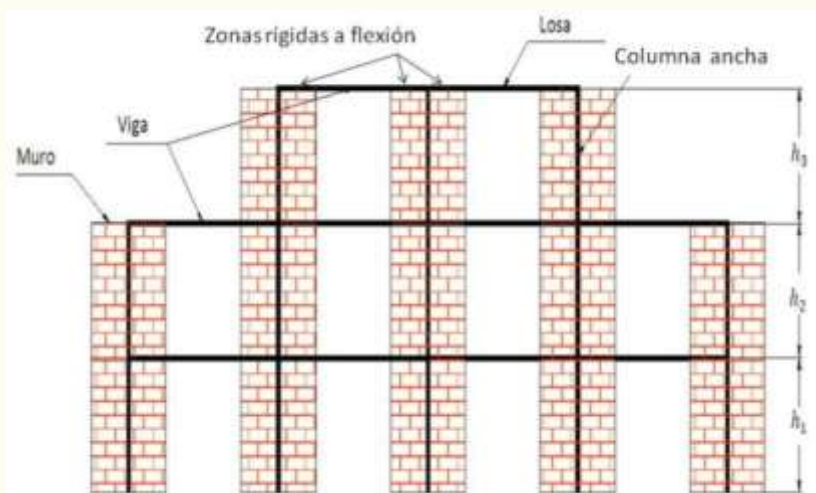


Figura 5. Método de la columna ancha

En la figura 6 se muestra el modelo de la estructura en estudio utilizando un programa de análisis estructural elástico lineal para marcos en el espacio, es importante para este tipo de modelos considerar las deformaciones por cortante en las columnas y si el programa no considera zonas infinitamente rígidas, se puede asumir una sección de peralte total equivalente a la altura del entrepiso. Para la determinación de los momentos de inercia y áreas, unos autores recomiendan que se considere la longitud total del muro con las propiedades de la mampostería únicamente y otros, que se obtengan la sección transformada, para así poder tomar en cuenta la contribución de los castillos en la rigidez de los muros, por lo anterior se hicieron dos modelos con la finalidad de poder comparar los resultados (modelos 1 y 2 respectivamente).

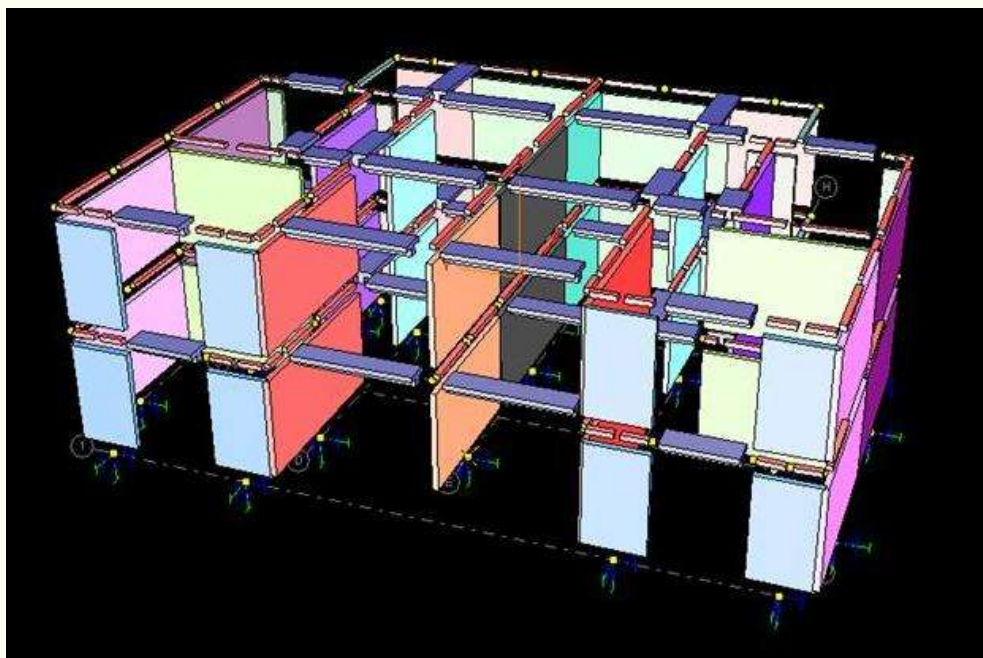


Figura 6. Edificio modelado con el método de la columna ancha (MCA)

Método Experimental

Prueba de vibración ambiental (PVA):

Este método experimental consiste en determinar los periodos fundamentales de vibración del edificio a partir de registros de vibración ambiental obtenidos en la azotea y en la base del edificio (figura 7) originadas por excitaciones de carácter ambiental, como lo son las producidas por el tránsito de vehículos, personas, viento, maquinaria, etc. Es un método simple y rápido en la obtención de datos, con la ventaja de no interferir en las actividades dentro del edificio.

La metodología consiste en determinar las funciones de transferencia empíricas (FTE) del sistema estructural relacionando los espectros de Fourier de las componentes horizontales en cada dirección del movimiento en la azotea respecto al movimiento en la base (cocientes espectrales).

Para determinar los periodos fundamentales de vibración en las direcciones transversal y longitudinal del edificio, el numerador de la función de transferencia es el espectro de Fourier de la señal registrada en su centro de masa (punto P01, figura 7), mientras que el denominador es el espectro de Fourier de la señal registrada en la base del edificio (punto P08, figura 7) para cada dirección. Para el periodo asociado a torsión, el numerador es el espectro de Fourier de la señal registrada en cada una de sus esquinas (puntos P02, P03, P04, P05, P06 y P07, figura 7), mientras que el denominador es el espectro de Fourier de la señal registrada en el centro de masa (punto P01, figura 7).

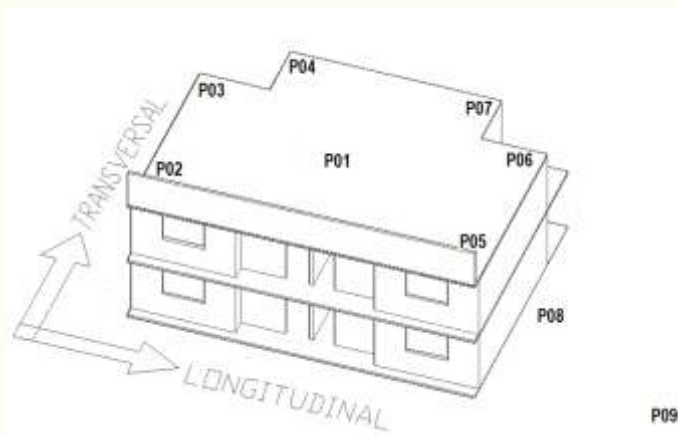


Figura 7. Puntos de medición de vibración ambiental

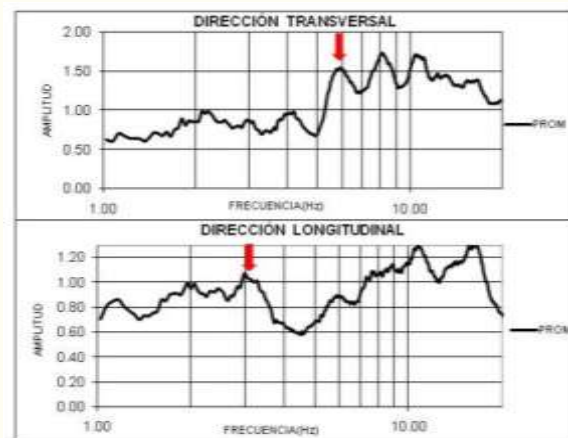


Figura 8. Funciones de transferencia

En la figura 8 se presentan las funciones de transferencia correspondientes al segundo nivel (punto P01, figura 7) con respecto a la base (punto P08, figura 7), para cada dirección, en donde se puede identificar las frecuencias de vibración asociadas al primer modo de vibración de la estructura. El modo de vibrar por torsión fue determinado, pero no fue posible relacionarlo con los obtenidos con los modelos matemáticos propuestos (método de la columna ancha).

Discusión de Resultados

Los resultados de la prueba de vibración ambiental se muestran en el cuadro 1, en donde se aprecia, que en la dirección longitudinal, la estructura es más flexible que en la dirección transversal, lo cual es lógico, debido a la distribución de muros, ya que en esta dirección se encuentra la mayoría de las aberturas de puertas y ventanas, por lo consiguiente tendremos muros de menor dimensión y rigidez (figura 1).

DIRECCION	FRECUENCIA (Hz)	PERIODO (Seg)
Longitudinal	3	0.333
Transversal	6	0.167

Cuadro 1. Periodos fundamentales de vibración

En el cuadro 2 se presentan las propiedades dinámicas de la estructura obtenidas con los tres métodos.

Periodo	Método Experimental (PVA)	Columna Ancha (MCA)		Muro en Voladizo (MMV)	
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2
Dirección longitudinal					
T1	0.33 seg (3 Hz)	0.373seg (2.68Hz)	0.231seg (4.33Hz)	0.22seg (4.5 Hz)	(0.178seg (5.62Hz)
T4	0.08 seg (12 Hz)	0.083seg (12.05Hz)	0.065seg (15.38Hz)	0.09seg (11.24Hz)	0.07seg (14.29 Hz)
Dirección transversal					
T2	0.167 seg (6 Hz)	0.203seg (4.93Hz)	0.158seg (6.33Hz)	0.13seg (7.69Hz)	0.122seg (8.20Hz)
T5		0.05seg (20Hz)	0.046seg (21.74Hz)	0.13seg (19.61Hz)	0.048seg (20.83Hz)
Torsión					
T3	0.055 seg (18 Hz)	0.173seg (5.78Hz)	0.136seg (7.35Hz)		
T6	0.050 seg (20Hz)	0.043seg (23.25Hz)	0.039seg (25.64Hz)		

Cuadro 2. Comparación de resultados. Donde: T1, T2 y T3 son los periodos fundamentales y T4, T5 y T6 periodos superiores.

En el cuadro 3 se presenta una comparación de los elementos mecánicos obtenidos aplicando el MMV y el MCA (a) considerando en este último la contribución de los castillos en la rigidez de los muros mediante la sección transformada y para el MMV cuando se dividen los muros largos en muros cortos (b).

Elemento mecánico	Método muro en voladizo			Método de la columna ancha () considerando los castillos en los extremos		
	Muro 15	Muro 19	Muro 25	Muro 15 (6)	Muro 19 (5)	Muro 25 (4)
$M_u(T'm)$	3.30	8.63	6.19	8.64	9.05	15.66
$V_u(Ton)$	1.02	2.66	1.91	1.28	4.63	2.01
$P_u(Ton)$	14.45	23.71	19.54	16.05	25.47	25.28

a).- MMV vs MCA

Elemento mecánico	Considerando como un solo muro Modelo 2	Considerando 4 muros Modelo 1				Total	Porcentaje de diferencia (%)
		Muro 1	Muro 2	Muro 3	Muro 4		
$M_u(T'm)$	63.27	7.87	15.14	15.14	7.87	46.02	27.26
$V_u(Ton)$	23.20	2.83	5.45	5.45	2.83	16.56	28.62
$P_u(Ton)$	35.4	8.92	8.78	8.78	8.92	35.4	0

b). MMV modelo 2 vs Modelo 1

Cuadro 3. Elementos mecánicos

Como se puede observar existen diferencias en los valores obtenidos aplicando los diferentes métodos, aunque las NTCM-04 recomiendan la MCA como el más adecuado para el análisis de estructuras de mampostería, la realidad es que aún se viene aplicando el MMV, lo cual genera la incertidumbre de cuales resultados son los más apegados al comportamiento real de la estructura, ya que los criterios son diferentes, mientras que para el MCA las propiedades de los muros son las de la sección transformada, para el MMV las inercias son las de la mampostería considerando los muros perpendiculares a la dirección de análisis.

En general, es claro que se pueden identificar los dos primeros modos de vibrar que corresponde a la dirección longitudinal (T1) y la transversal (T4), considerando así los resultados de los métodos matemáticos en un rango aceptable, lo que no sucede en la torsión, donde el periodo es aproximadamente 3 veces mayor respecto al de los modelos matemáticos, es probable que la irregularidad de rigidez por la asimetría de los muros, así como el no considerar la flexibilidad del diafragma (losas de entrepiso y azotea) nos conduce a una variación de resultados, esta es una condición que debe revisarse pues la respuesta ante cargas laterales entre una estructura con diafragma rígido y otra con diafragma flexible puede ser muy diferente, aunado a las imprecisiones de las propiedades reales de los materiales. Por lo que será necesario utilizar un programa más refinado que tome

en cuenta este parámetro, como lo es el método de elementos finitos, el cual nos daría qué consideraciones adicionales hay que hacer en los modelos matemáticos para disminuir el margen de diferencia entre ellos.

Reconocimientos

A los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Región Veracruz de la Universidad Veracruzana: David Alegría Herrera, Guadalupe Lara Vega y Efraín Vázquez Pérez por su participación en la elaboración de este trabajo.

Referencias

Alegría, D. (2010), "Análisis sísmico de una estructura de mampostería por los métodos simplificado y muro en voladizo". Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, campus Veracruz-Boca de Río, México.

Bazán E. y R. Méli, (2003). "Diseño sísmico de edificios". Editorial Limusa S.A. de C.V. México DF. Sexta reimpresión.

Bernal, I. (2006). "Microzonificación sísmica de la ciudad de Tlaxcala, México". Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra.

Fundación ICA, A.C. (2003). "Edificaciones de Mampostería para Vivienda". Tercera Edición, México D.F.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal". Octubre 6 del 2004.

"Guía para el Análisis de Estructuras de Mampostería" (GAEM - 2008). Comité de Mampostería de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.

Lara, G. (2010), "Análisis sísmico de un edificio de mampostería por el método de la columna ancha". Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, campus Veracruz-Boca de Río, México.

Muriá, D. et al (2002), "Edificios Instrumentados". Memorias del curso: Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes. CENAPRED-JICA. México D.F.

Taveras, M. (2008). "Revisión de las recomendaciones para modelar y analizar estructuras de mampostería confinada ante carga lateral". Tesis de Maestría, UNAM, Dirección de Estudio de Posgrado de la Facultad de Ingeniería.

Vega, D. (2005). "Estimación del efecto de sitio y la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Acatlán, Puebla". Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería (Estructuras). Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección de Estudio de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, México, D.F.

Velázquez, E. (2010). "Determinación de los periodos naturales de vibrar de una estructura de mampostería experimentalmente". Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil, campus Veracruz-Boca de Río, México.

DESARROLLO DE UN MODULO DIDÁCTICO BASADO EN UN CONTROL DE POSICIÓN, MEDIANTE CONTROL DIGITAL EN TIEMPO REAL

Chávez Guzmán Carlos Alberto¹, Esqueda Elizondo José Jaime²

Resumen— Este artículo expone la metodología de diseño para el desarrollo de tecnología con fines didácticos, con el objetivo de disminuir los costos de equipamiento de los laboratorios de ingeniería, utilizando al máximo el equipo en inventario, además de involucrar a los estudiantes y maestros en el desarrollo del mismo, una característica importante de su diseño es la arquitectura abierta, para que en un futuro se añadan diferentes técnicas de control. El sistema está basado en la plataforma de LabView 8.2 de *National Instruments*, el alumno podrá validar sus parámetros de control obtenidos en el proceso de diseño en un sistema en tiempo real y realizar los ajustes necesarios para alcanzar la respuesta deseada por los criterios de ingeniería, además se ha incorporado un observador de estados lineales de orden mínimo, para estimar uno de los estados de la planta. La planta a controlar es un sistema de posicionamiento rotacional mediante un motor de CD.

Palabras claves— Control en tiempo real, estimadores de estado lineales, instrumentación virtual, control por retroalimentación de estados.

Introducción

El empleo de diferentes herramientas didácticas para impartir con éxito la materia de Teoría de Control es fundamental en el proceso de aprendizaje de nuestros alumnos de ingeniería, es muy común en este curso, por ser una materia integradora, que los alumnos no logren validar en la practica el diseño del controlador, esto debido a que se ven atrapados en otras etapas que forman el sistema, como por ejemplo: la etapa de instrumentación y la etapa de potencia, las cuales son fundamentales en el sistemas a controlar pero no forman parte de la competencia del curso. En el mercado existen una gran variedad de opciones en módulos didácticos para la implementación de controladores, pero la mayoría son sistemas con una arquitectura poco flexible y con un costo elevado, por lo cual se vuelven prohibitivos para el presupuesto de Universidades públicas, de ahí la importancia que estas Instituciones desarrollen a través de sus estudiantes, Profesores/Investigadores y sus cuerpos académicos, su propia tecnología.

2. Diseño del modulo didáctico para el control en tiempo real.

El diseño del modulo didáctico, para validar en tiempo real los parámetros de control obtenidos, por la técnica de retroalimentación de estados, se desarrollará a través de las siguientes etapas: diseño de la interfaz con el usuario, diseño de la etapa de potencia, diseño de la etapa de instrumentación y por último diseño del algoritmo de control por retroalimentación de estados con un observador de orden mínimo.

2.1 Diseño de la interfaz con el usuario.

La interfaz con el usuario se desarrollo en la plataforma de LabView 8.2, por ser una herramienta que disminuye considerablemente los tiempos de diseño de software¹, y además incluye una gran variedad de funciones útiles en el desarrollo de aplicaciones para ingeniería. En la fig. 1 se observan cuatro pestañas (Servo posicionamiento, Patrones de Control, Estructura de Control y Referencias) la primera pestaña es la sección operativa, y muestra una serie de controles e indicadores. El usuario deberá proporcionar al sistema la referencia que deberá seguir la planta, a través del objeto grafico $r(k)$. El sistema responde mostrando en los indicadores los estados de la planta. El estado x_1 (indicador analógico) representa la posición actual de la planta, el estado x_2 (indicador digital) representa la velocidad de los movimientos, el ultimo indicador es una grafica donde se muestra la respuesta en el tiempo entre la salida de la planta y la señal de referencia, y por lo tanto es posible apreciar el error en estado estacionario del sistema de control. La segunda pestaña (Patrones de control) es la sección de configuración del controlador y muestra seis objetos gráficos de controles para que el usuario configure la ganancia del controlador $[k_1 \ k_2]^T$, la ganancia de los estados de referencia $[N_{x1} \ N_{x2}]^T$, la ganancia en estado estacionario N_u y por último la ganancia del observador predictor de orden mínimo L_p . La pestaña tres y cuatro son para brindar información al usuario con respecto al tipo de estructura de control utilizada y la referencia para una mayor información.

¹ Chávez Guzmán Carlos Alberto es Profesor en la Fac. de Ingeniería y Negocios de la Universidad Autónoma de Baja California, México. cchavez@uabc.edu.mx (autor correspondiente).

² Esqueda Elizondo José Jaime es Profesor en la Fac. de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, México. jjesqueda@uabc.edu.mx

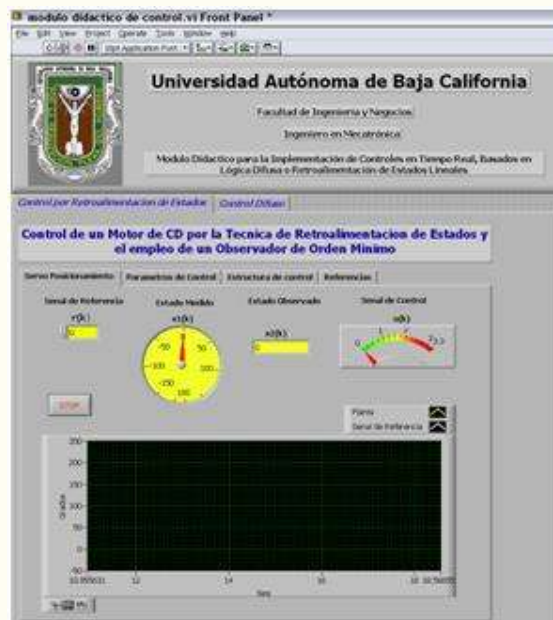


Figura 1. Interfaz grafica con el usuario.

2.2 Diseño de la etapa de potencia.

La etapa de potencia, inicia con el modulador de ancho de pulso (PWM) con el circuito integrado MC34060AP, sintonizado a una frecuencia de 10KHz con un barrido del ciclo de trabajo del 5% al 95% y el voltaje de referencia para modular el ancho del pulso que se aplica por el *pin3* tiene un rango de 0v a 3.3V, este voltaje es la señal de control $u(k)$ que se envía por la tarjeta NI USB-6216 por el Puerto AO0. Para la sección del puente H se empleo el circuito integrado LMD18200 por sus características eléctricas, entre las más importantes, sus rangos máximos en operación, una corriente constante de 3Amp y picos de corriente de 5 Amp, un voltaje máximo de 55v, sus entradas principales son la señal del PWM (*pin 5*) que proviene del CI MC34060AP y la señal de dirección (*pin 3*) que se conecta a la salida digital P0.0 (*pin 44*) de la tarjeta NI USB-6216, conectado al puente H se encuentra un Motor de CD marca Maxon serie F2140-937, con una tensión nominal de 24v, corriente nominal de 240mA, velocidad nominal de 2360 rpm y un par nominal de 12.5mNm, en la figura 2 se muestra el diagrama eléctrico de la sección de potencia.

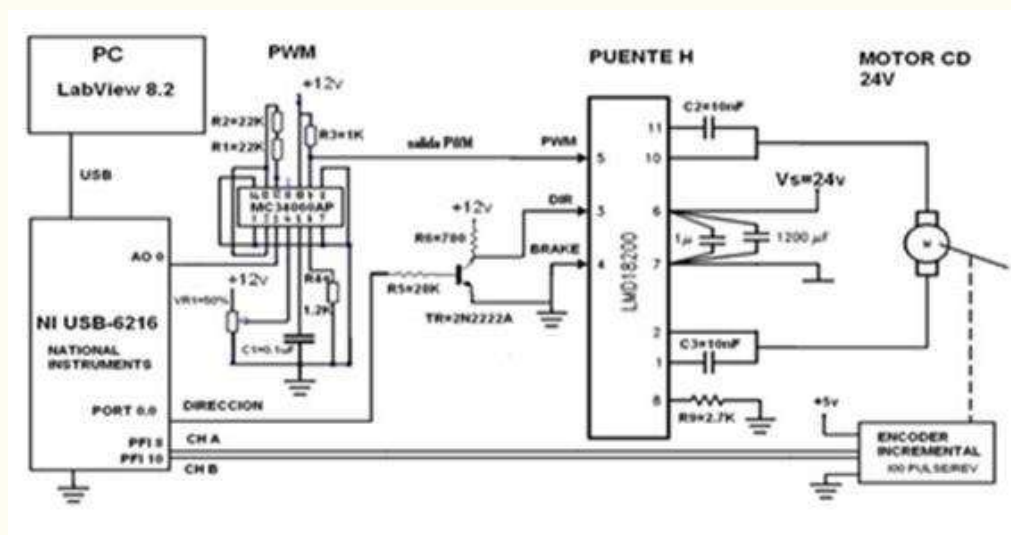


Figura 2. Diagrama eléctrico del modulo didáctico de control.

2.3 Diseño de la etapa de instrumentación.

El sensor de posición angular es medido por un *encoder* del tipo incremental de dos canales (CH A y CH B) con una resolución de 100 pulsos por vuelta, acoplado mecánicamente al rotor del motor, es importante resaltar que el motor tiene una transmisión reductora de 6:1, por lo tanto cuando a la salida de la transmisión realiza una revolución el *encoder* entrega 600 pulsos. Los canales del *encoder* son conectados a la tarjeta NI USB-6216 de la siguiente forma: el canal A a la entrada digital PFI 8 (pin 33) y el canal B a la entrada digital PFI 10 (pin 35) y la GND (pin 37) junto con la tierra del *encoder*. El algoritmo de posicionamiento utiliza una función ya definida por LabView, se ubica en el cuadro de funciones (*Functions/Express/Input/DAQ Assistant Express*), dicha función llama al *DAQ ASSISTANT* [1] y solicita que el usuario realice la configuración en dos pasos, en el primer paso se configura la entrada de la tarjeta NI USB-6212 en donde se conecta los canales del *encoder*, esto se realiza de la siguiente manera: *Acquire Signal/Counter Input/Position/Angular/ctr0*, al final haz clic en el botón de *Finish*, el segundo paso se muestra en la figura 3, que consiste en determinar el número de pulsos por una revolución (600), las unidades que se desean manejar, y el tiempo de muestreo (para este caso fue 1 muestra sobre demanda), al final hacer clic en el botón de *OK*.

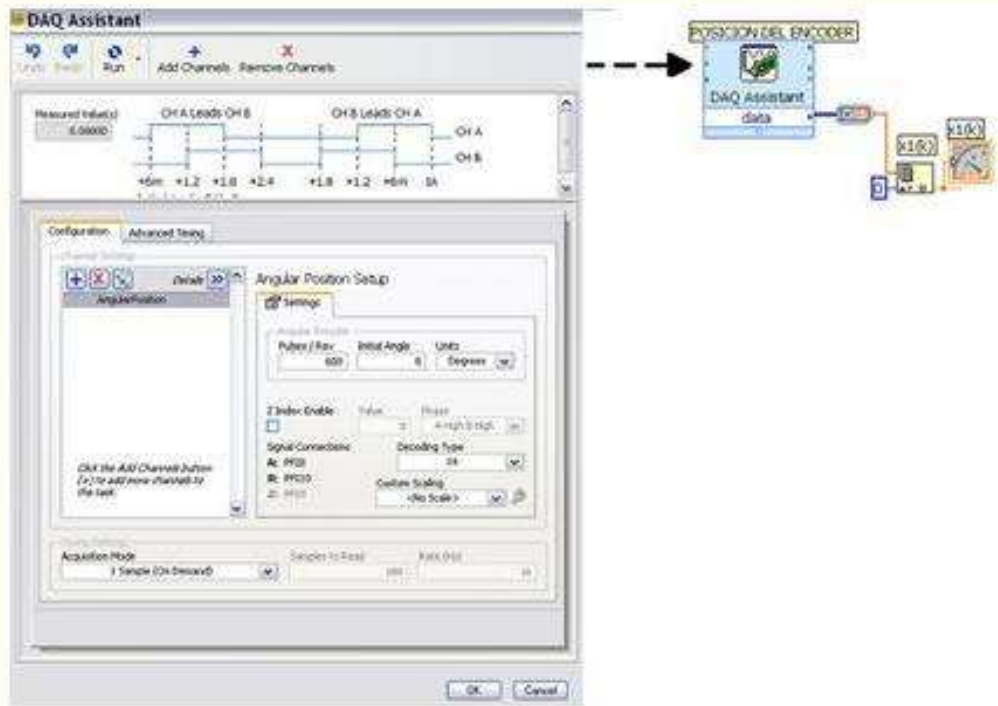


Figura 3. Configurar la librería del DAQ Assistant en LabView.

2.4 Diseño del algoritmo de control por retroalimentación de estados con un observador de orden mínimo.

El modelo paramétrico del motor es obtenido por la técnica de identificación de sistemas usando una base ortonormal², dando como resultados la ec. (1) en espacios de estados:

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8987 & -0.2019 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(k), \quad (1)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} 0.3159 & -0.1192 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \end{bmatrix} + 0.0171u(k)$$

Para diseñar un controlador por retroalimentación de estados $u(k) = -Kx(k)$, se inicio al ubicar los polos en bucle cerrado en $\alpha_c(z) = z^2 - 0.6207z + 0.1017$. Y a continuación se calcula la ganancia del controlador K al aplicar la formula de Ackermann³.

$$K = e_n^T C^{-1} \alpha_c(\varphi) \quad (2)$$

donde $e_n^T = [0 \dots 1]$ es el vector de ceros, C es la matriz de controlabilidad y por último el polinomio característico en bucle cerrado. Desarrollando la ec. (2) se obtiene² la ganancia $K = [0.2780 \quad -0.1002]$. Para lograr que la planta siga una entrada de referencia debemos aplicar la ley de control por retroalimentación de estados ligeramente modificada como $u(k) = -K[x(k) - x_r(k)] + N_u r(k)$, $u(k) = -k[x(k) - x_r(k)]$ donde N_u es una ganancia en estado estacionario, y $x_r(k) = N_x r(k)$ son los estados de referencia, para encontrar los vectores $\{N_x, N_u\}$ se aplica la siguiente ecuación [2]:

$$\begin{bmatrix} N_x \\ N_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I - \varphi & -\Gamma \\ C & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.0829 \\ 5.0829 \\ 1.5412 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Para diseñar el observador de orden mínimo se plantea medir el estado $x_1(k)$ que es la oposición angular del motor y observar o estimar el estado $x_2(k)$ que sería la velocidad con que se mueve de una posición a otra el motor.

Considerando el sistema (1) que representa en espacio de estados el motor de CD, establecemos lo siguiente:

$$x(k) = \begin{bmatrix} x_1(k) \\ \hat{x}_2(k) \end{bmatrix}, \quad x_1(k) \rightarrow \text{Se mide}, \quad \hat{x}_2(k) \rightarrow \text{Se estima} \quad (4)$$

Partiendo de este planteamiento el sistema (1) quedaría como:

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ \hat{x}_2(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ \hat{x}_2(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Gamma_1 \\ \Gamma_2 \end{bmatrix} u(k), \quad (5)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} I & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ \hat{x}_2(k) \end{bmatrix}$$

Resolviendo el sistema (5), separando el estado medido y el observado tenemos:

$x_1(k+1) = \varphi_{11}x_1(k) + \varphi_{12}\hat{x}_2(k) + \Gamma_1 u(k)$ y $\hat{x}_2(k+1) = \varphi_{21}x_1(k) + \varphi_{22}\hat{x}_2(k) + \Gamma_2 u(k)$ es claro que el estado medido tiene una porción que debe ser estimada $\varphi_{12}\hat{x}_2(k)$.

Realizando una comparación entre el sistema (1) y el (5), se concluye lo siguiente:

$$\begin{aligned} \varphi_{22} &\rightarrow \varphi, & \varphi_{21}x_1(k) + \Gamma_2 u(k) &\rightarrow \Gamma u(k), \\ \varphi_{12} &\rightarrow C, & x_1(k+1) - \varphi_{11}x_1(k) - \Gamma_1 u(k) &\rightarrow y(k) \end{aligned} \quad (6)$$

El estimador es del tipo predictor $\hat{x}(k+1) = \varphi\hat{x}(k) + \Gamma u(k) + L_p[y(k) - C\hat{x}(k)]$, realizando un cambio de variable donde se considere las relaciones (6) y la formula del estimador predictor, tenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \hat{x}_2(k+1) &= \varphi_{22}\hat{x}_2(k) + \varphi_{21}x_1(k) + \Gamma_2 u(k) + L_p[x_1(k+1) - \varphi_{11}x_1(k) - \Gamma_1 u(k) - \varphi_{12}\hat{x}_2(k)] \\ \hat{y}(k) &= \varphi_{12}\hat{x}_2(k) \end{aligned} \quad (7)$$

Para calcular la ganancia L_p , se utiliza la formula de Ackermann, adecuada al estimador predictor reducido tenemos

$L_p = \alpha_{er}(\varphi_{22})O_r^{-1}e_n$, donde: $\alpha_{er}(\varphi_{22})$ es el polinomio característico, O^{-1} es la matriz de observabilidad y e_n es el vector de ceros. Se proponen los dos polos del observador en $z=0.1$, con esto se obtiene el polinomio característico

$\alpha_{er}(z) = z^2 - 0.2z + 0.01 = 0$ y realizando el cambio de variable $z \rightarrow \varphi_{22}$, tenemos $\alpha_{er}(\varphi_{22}) = (\varphi_{22})^2 - 0.2\varphi_{22} + 0.01 = 0.01$ y $O_r = [\varphi_{12}] = [-0.2019]$.

Sustituyendo los resultados anteriores en la ecuación del predictor, tenemos que la ganancia del observador es:

$$L_p = (0.01)(-0.2019)^{-1}[1] = -0.0495 \quad (8)$$

Sustituyendo el valor de la ganancia L_p en la ec. (7) tenemos la estimación del estado x_2 .

$$\hat{x}_2(k+1) = x_1(k) + L_p[x_1(k+1) - 0.8987x_1(k) - u(k) + 0.2019\hat{x}_2(k)] \quad (9)$$

Por lo tanto las ecuaciones que deberán ser codificadas como aparece en la figura 4 son la ecuación del estimador de estados (9) y la ley de control de la ecuación (10).

$$u(k) = -0.2780(x_1(k) - N_{x1}r(k)) + 0.1002(\hat{x}_2(k) - N_{x2}r(k)) + N_u r(k) \quad (10)$$

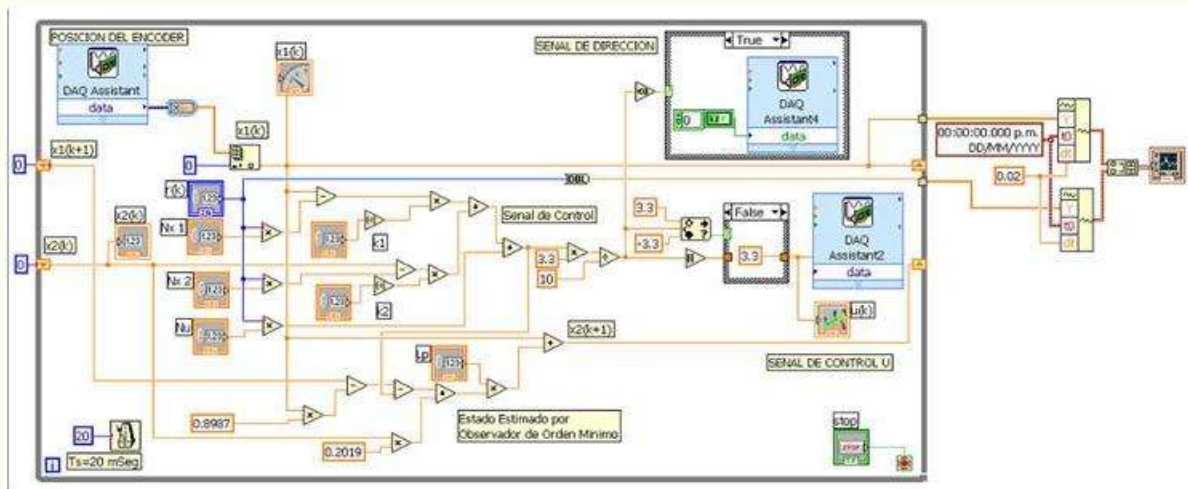


Figura 4. Algoritmo de control en LabView.

Resultados

Una vez concluida la etapa de diseño del controlador se procede a desarrollar el algoritmo de control utilizando programación grafica y considerando los objetos gráficos para interactuar con el usuario. Uno de los problemas clásicos que se presentan al implementar un control en tiempo real es la saturación de los driver's, por tal razón fue necesario normalizar nuestra señal de control $u(k)$ en los rangos de operación del PWM el cual es de 0v a 3.3v, otro punto importante a considerar en la operación del control es el ajuste en línea del parámetro de la ganancia en estado estacionario Nu , pues el valor que se obtiene en los cálculos con frecuencia presenta un error estacionario considerado, por último, si la respuesta en estado estacionario presenta pequeñas oscilaciones es recomendable ajustar el tiempo muerto en el modulador de ancho de pulso. El modulo de control es configurado con los parámetros de se obtuvieron en la sección del diseño, y se observa en la figura 5 que existe un error en estado estacionario de un grado, esto se puede mejorar realizando un ajuste al parámetro Nu y al tiempo muerto, las diferentes señales escalón de referencia que se suministraron al sistema son 90° , 45° , 180° , y por ultimo 0° .

Este modulo didáctico es de gran utilidad para las materias de teoría de control y control moderno, pues en el los alumnos pueden comprobar que los cálculos desarrollados en clases tienen un fin práctico.

Conclusiones y Recomendaciones.

El modulo didáctico de control es importante en la validación de los parámetros de control por la técnica de retroalimentación de estados, es una herramienta útil para el alumno no se pierda en el modelado de la planta, en el diseño electrónico de los driver's e instrumento de medición, en el diseño mecánico de piezas y por ultimo en el desarrollo del algoritmo de control, y se concentre en el diseño del controlador realizando pruebas hasta encontrar los parámetros del controlador adecuados. Las ventajas de que las instituciones desarrollen su propia tecnología son variadas como es la facilidad en el mantenimiento del equipo, diseñar e incorporar mejoras al diseño, equipamiento a bajo costo, y la más importante la experiencia obtenida por los alumnos al participar en el proyecto.

Las mejoras a futuro, es el incorporar otras técnicas de control como son: control PID, LQR, Polinomial, control difuso y control neuronal.

Referencias

- ¹José Rafael Lajara Vizcaíno, José Pelegri Sebastia. (2007). *LabView entorno grafico de programación*, 161-186, 313- 336, Ed. Alfaomega marcombo, México D.F.
- ²Chávez Guzmán Carlos Alberto, Magaña Estrada Jesus. (2008). Modeling and control of a 4 DOF Scara Manipulator implemente on a PIC16F877A microcontroller. *24th International conference on CARS & FOF'08*, Nihon University of Koriyama Japan.
- ³Katsuhiko Ogata. (1996). *Sistemas de control en tiempo discreto*, Segunda edición, 377-500, Ed. PHH, Naucalpan de Juárez, Edo. De México.

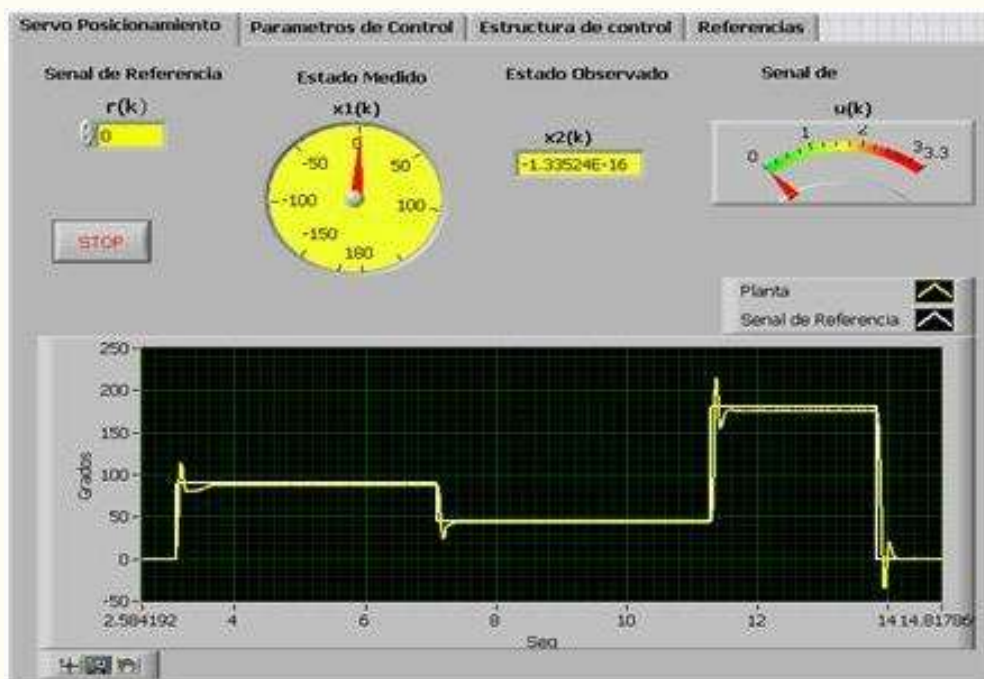


Figura 5. Respuesta de la planta a una entrada de referencia.

Caracterización del proceso de obtención de Biodiesel por abstracción de información

Dr. Héctor Hernández De León¹, Dr. Jorge Camas Anzueto², Dr. Nicolás Juárez Rodríguez³ y Dr. Arnulfo Rosales Quintero⁴

Resumen— El presente artículo presenta el análisis de los resultados de un método de clasificación difusa (método “LAMDA”) para la detección de fallas del proceso químico complejo de obtención de Biodiesel. El proceso está compuesto de mezcladores y un bioreactor que separa los compuestos de la mezcla para la obtención de Biodiesel. El proceso complejo fue simulado en “ASPEN”, que ofrece la posibilidad de simular el funcionamiento dinámico del bioreactor. Algunas señales del proceso son difíciles de clasificar debido a su oscilación. Es por ello, que es necesario utilizar una metodología de abstracción llamada “ABSALON”, que permite realizar un pretratamiento de señales obtenidas del proceso, para su posterior clasificación utilizando el método LAMDA. Este método es una técnica de análisis multidimensional de datos con aprendizaje. Finalmente, el artículo proporciona los resultados obtenidos durante la detección de fallas del proceso mediante la presentación de los estados funcionales en la producción del Biodiesel.

Palabras claves—proceso, clasificación, falla, lógica difusa, abstracción de señales.

Introducción

La industria química comprende procesos cada vez más complejos. Para estudiar el funcionamiento de estos procesos, varias sociedades han desarrollado simuladores dinámicos, como el de la empresa *ASPEN Technology*, que ofrece un simulador de procesos *ASPEN Plus*, el cual es utilizado en el campo industrial y en la educación. En el presente trabajo se usará este simulador para detectar o caracterizar un funcionamiento del proceso, ya que en la industria es raro disponer de un medio de medida en línea de las concentraciones de compuestos en una mezcla multi-constituyente. El objetivo de este trabajo es mostrar que, gracias a las técnicas de clasificación (LAMDA—por sus siglas en inglés, Análisis de datos multivariados basados en algoritmos de aprendizaje, *Learning Algorithm for Multivariate Data Analysis*) y de pretratamiento de señales en línea (ABSALON—por sus siglas en inglés, Abstracción de señales en línea, *ABStraction AnaLysis ON-line*), se pueden detectar fallas en la producción de Biodiesel de un prototipo de mezcla multi-constituyente (variación de las concentraciones) utilizando la información de las temperaturas a lo largo de los dispositivos mezcladores (actualizando la medida en línea de las concentraciones y la correspondiente variación de velocidad del agitador).

El presente artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección siguiente se presenta el modelo del proceso químico utilizando el simulador *ASPEN*. Una vez obtenido el modelo y las variables a utilizar en la clasificación, en la sección siguiente se describe de forma general el pretratamiento de estas variables, así como la técnica de clasificación utilizada para la identificación de fallas del proceso. En la sección de resultados se muestran los mismos obtenidos de las técnicas de pretratamiento y clasificación de las señales con diversas fallas generadas en el proceso y, finalmente se presentan las conclusiones y perspectivas del presente estudio.

Descripción del Método

El proceso químico de bioreacción del Biodiesel

ASPEN [comercializado por la empresa Aspen Technology, filial de AspenTech <http://www.aspentech.com/>] permite simular el funcionamiento de instalaciones químicas complejas en régimen permanente y en régimen dinámico. A partir de la información de las partes implicadas en la transformación química y separaciones, de los modelos termodinámicos (que permiten describir, entre otros, los equilibrios líquido-vapor sobre las cuales reposan las separaciones), las cinéticas de las reacciones químicas, y del esquema del proceso. Este simulador permite calcular las composiciones, temperaturas, entre otros parámetros, de los diferentes flujos de salida de los elementos en que está compuesto el proceso. También contiene una biblioteca proporcionada de modelos de las operaciones químicas: reacción, destilación y mezcla. La simulación es efectuada por la resolución de las ecuaciones (diferenciales en el caso de una simulación en régimen dinámico) de los modelos constituidos de

¹ El Dr. Héctor Hernández De León es Profesor Investigador de la Maestría en Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México hhernandezd@ittg.edu.mx (autor correspondiente)

² El Dr. Jorge Camas Anzueto es Profesor Investigador y Presidente del Consejo de Posgrado de la Maestría en Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México jcamas@ittg.edu.mx

³ El Dr. Nicolás Juárez Rodríguez es Profesor Investigador de la Maestría en Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas, México njuarez@ittg.edu.mx

⁴ El Dr. Arnulfo Rosales Quintero es Profesor Investigador de la Maestría en Bioquímica del Instituto Tecnológico de Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas, México arnol122@gmail.com

balance de materia, de energía y de equilibrio. El proceso simulado en este trabajo, es el que permite modelar las diferentes secciones del proceso general de obtención de biodiesel y del suministro de los componentes y parámetros físicos de las variables características involucradas. El esquema del proceso construido en el simulador *ASPEN* es mostrado en la figura 1, la cual es compuesta de la transesterificación, recuperación del metanol, agua de lavado, purificación *FAME* (de sus siglas en inglés, ésteres metílicos de ácidos grasos, *Fatty Acid Methyl Esters*), eliminación del catalizador, purificación del glicerol, el proceso de recuperación, así como sus principales enlaces entre las unidades del proceso. Esta mezcla entra enseguida en el reactor químico, de acuerdo a la reacción siguiente (*ASPEN Biodiesel model*):

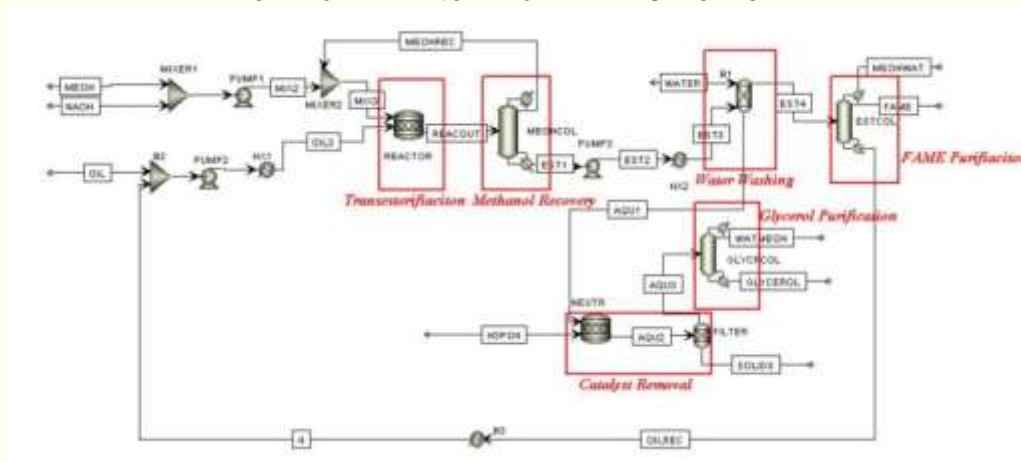
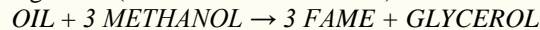


Figura 1. Proceso de producción de Biodiesel (Simulación con *ASPEN*)

Tratamiento de la información y clasificación

La metodología ABSALON (ABStraction AnaLisys ON-line)

ABSALON (Abstracción se Señales en Línea) es una metodología para la detección de eventos significativos a partir de las señales que resultan del proceso de estudio (en este caso, del proceso químico complejo), donde el experto establece qué eventos interesa detectar. Esta metodología utiliza el paradigma de las ventanas deslizantes, el cual permite procesar una señal de entrada y generar señales de salida en línea, propuestos por Sarrate y Aguilar (2002). Los algoritmos desarrollados han sido implementados como bloques de *SIMULINK* de *MatLab*, generando una librería llamada “*ABSALON*”. Cada uno de estos bloques tendrá como finalidad obtener la información más relevante del proceso químico. Básicamente hay 4 estrategias de análisis para la obtención de información significativa a partir de las señales de entrada:

1. El ajuste lineal: se refiere a la aplicación de la pendiente o la dispersión lineal.
2. El estudio estadístico: es la aplicación de las medidas de dispersión (varianza, desviación estándar), las medidas de centralización (media, mediana, moda), y/o las medidas de forma (entropía).
3. El análisis espectral: concierne a la aplicación de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para encontrar la máxima componente frecuencial y la componente en frecuencia seleccionada.
4. Filtrado: se puede aplicar un pasabajos, pasa-altos de un filtro Elíptico o Butterworth.

La Metodología LAMDA

LAMDA (*Learning Algorithm for Multivariate Data Analysis*) es una técnica de clasificación de datos multidimensionales por aprendizaje y reconocimiento. El objetivo de esta técnica es la creación de clases a partir de los elementos contenidos en un universo. Cada elemento \mathbf{X} es un vector $[x_1, \dots, x_p]$ tal que, x_i es el valor del descriptor i . Los descriptores pueden ser cuantitativos, cualitativos o una combinación de ambos. En el caso de descriptores cuantitativos los valores pueden estar comprendidos en el intervalo $[x_{\min}, x_{\max}]$ y son normalizados por la fórmula siguiente, dados en Kempowsky et al. (2002) y en Hernández De León (Tesis doctorado 2006):

$$x_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

En los descriptores cualitativos cada valor del descriptor es llamado modalidad y a cada una está asociada su frecuencia relativa de aparición. *LAMDA* utiliza una clase especial llamada *NIC* (Non Informative Class) para modelar la homogeneidad total en el universo, es decir, la *NIC* acepta a todos los elementos del universo con el mismo grado de adecuación y representa un

mínimo umbral para la clasificación (ningún elemento será asignado a otra clase si su grado de adecuación global no es superior al de la NIC). Cada clase está definida por un vector de parámetros $[\rho_1, \dots, \rho_p]$. Si el descriptor es cuantitativo, el parámetro ρ_i representa la media de los valores del descriptor i correspondientes a los elementos asignados a esta clase. Si el descriptor es cualitativo, ρ_i será la media de las frecuencias relativas de aparición de las modalidades del descriptor i correspondientes a los elementos asignados a esta clase.

Existen dos tipos de clasificación: por aprendizaje (sin y con inicialización) y por reconocimiento.

-Aprendizaje sin inicialización: Existe la creación de clases donde la clase "NIC" es la única clase inicializada.

-Aprendizaje con inicialización: Existe la posibilidad de la creación de nuevas clases y de la evolución de los parámetros de las clases precedentes. En el caso donde no se autoriza la creación de nuevas clases, los elementos no clasificados son asignados a la clase NIC.

-En caso de reconocimiento se dispone como primera instancia un cierto número de clases en el que los parámetros son conocidos definitivamente, y trata al conjunto de elementos para la asignación hacia estas clases. Durante la asignación, los parámetros de las clases no son modificados, lo que es normal puesto que se trata de una explotación de conocimientos y no del aprendizaje. Los elementos no clasificados son asignados a la clase NIC.

Estos dos tipos de clasificación pueden ser complementarios. Se puede comenzar por hacer un aprendizaje sin inicialización, después efectuar una clasificación con aprendizaje inicializado basándose en las clases ya formadas para evolucionar, llegando a una partición satisfactoria. Este conjunto de clases, es entonces eficaz para hacer enseguida el reconocimiento. Este algoritmo de clasificación no es conmutativo, es decir, que la partición final dependerá del orden en el que los datos son tratados. En los primeros pasos de un proceso de aprendizaje, se puede asignar un elemento a una clase no todavía perfectamente definida (visto que posee pocos elementos); y al final, una vez que esta clase está mejor definida, si se volviera hacer una clasificación del mismo elemento, puede tener un grado de pertenencia muy diferente con respecto al anterior, y ser asignado a otra clase.

Proceso de clasificación

Sea un elemento X y las clases existentes C_0, C_1, \dots, C_k , donde C_0 representa a la clase NIC. La clasificación se desarrolla de la siguiente manera, dados en el artículo de Piera et al en 1989:

1.- Cálculo del grado de pertenencia marginal:

El grado de pertenencia marginal o *MAD* (*Marginal Adequation Degree*) es un vector $[\mu_1, \dots, \mu_p]$, donde μ_i representa el grado de adecuación del descriptor i con respecto al parámetro i de la clase. El cálculo del grado de pertenencia marginal depende del tipo de descriptor correspondiente. Para el caso cualitativo, el *MAD* será la frecuencia relativa de aparición de cada modalidad del descriptor. Para descriptores cuantitativos existen 3 funciones para calcular el *MAD*: ro-bonomial, ro-centrado y Gauss. En el presente trabajo se trataron únicamente descriptores cuantitativos, donde los mejores resultados obtenidos fueron con la función Gauss. El cálculo del *MAD* se efectuó utilizando la siguiente ecuación:

$$MAD = e^{-0.5 \cdot \text{disg} \cdot \text{disg}} \quad \text{donde} \quad \text{disg} = \frac{(x_i - \rho_{ki})}{\sigma_{ki}}$$

Esta función es la densidad de probabilidad gaussiana en un intervalo unitario, donde ρ_{ki} y σ_{ki} son respectivamente, el valor medio y la varianza calculada del i -ésimo componente de todos los elementos dentro de la clase C_k .

2.- Cálculo del grado de pertenencia global:

Una vez calculados todos los *MAD*'s para una clase, éstos deben ser agregados para obtener el grado de pertenencia global o *GAD* (*Global Adequation Degree*). El *GAD* de un elemento X a una clase C refleja la similitud de este elemento a los otros elementos de la clase. El cálculo del *GAD* se realiza con la siguiente ecuación:

$$GAD_\alpha(MAD_1, \dots, MAD_n) = \alpha T(MAD_1, \dots, MAD_n) + (1 - \alpha) S(MAD_1, \dots, MAD_n)$$

$\alpha \in [0, 1]$ y es llamada "índice de exigencia". Este parámetro permite la interpolación entre el operador lógico de intersección (T-Norma) y unión (T-Conorma). T corresponde a la T-Norma y S corresponde a la T-Conorma. La correspondencia T de operadores lógicos y conectivos se muestra en la tabla 1.

Operadores/ Lógicos		Intersección (T-Norma)	Unión (T-Conorma)
Conectivos	Probabilísticos	Producto	Suma
	Difusos	Mínimo	Máximo
	Mixtos	$\alpha = 1 \quad \dots 0.5 \quad \dots 0$	

Tabla 1. Operadores lógicos y conectivos

3.- Asignación del elemento:

LAMDA no usa la similitud entre los elementos para la clasificación, sino el cálculo de grado de adecuación global entre el elemento y las clases formadas, y asigna cada elemento a la clase con GAD mayor. En el caso de aprendizaje, si el elemento es asignado a una clase significativa, hay modificación de los parámetros de esta clase. Pero si la NIC es la clase más próxima, entonces una nueva clase será creada para contener al elemento. La actualización de los parámetros asociados a los descriptores se realiza con la siguiente ecuación:

$$\rho_{k,i} \leftarrow \rho_{k,i} + \frac{(x_i - \rho_{k,i})}{N_0 + N_i + 1}$$

El valor de N_i es el número de elementos asignados a la clase k , y el valor de N_0 es el número de elementos en la clase con que se inicia la clasificación. Si $N_0=0$, la clase es únicamente caracterizada por su primer elemento y no aceptará más que los elementos similares. En la práctica, se coloca: $N_0=1$. En el caso de reconocimiento de formas, el elemento es atribuido a una clase significativa o rechazada a la clase NIC. El esquema general del cálculo de la adecuación de un elemento a una clase se muestra en la figura 2.

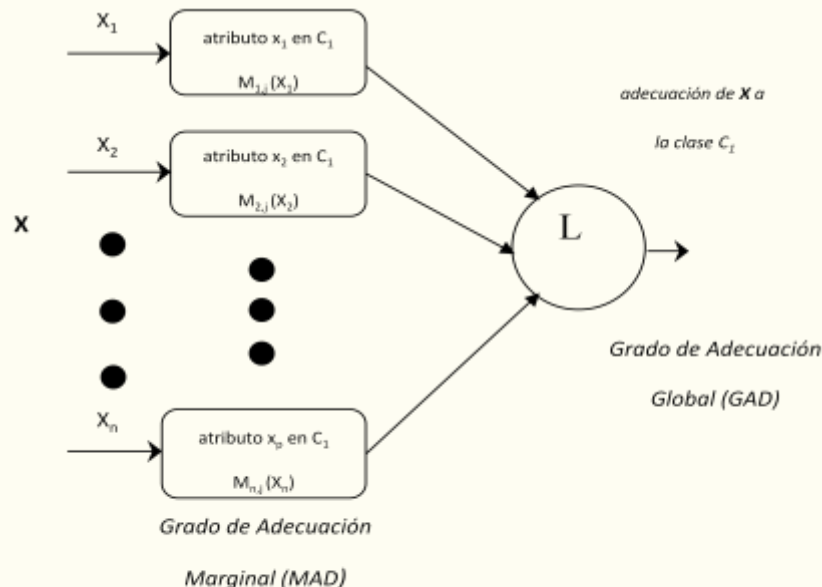


Figura 2. Cálculo de la adecuación (Marginal y Global) de un elemento X a una clase

Presentación y análisis de resultados

Aplicación de ABSALON

Los datos que se toman para la validación de información que se requerirá en la etapa de clasificación difusa, es la correspondiente a la temperatura. Se ha seleccionado un conjunto de 361 datos para demostrar la mejora de los datos de la

temperatura al utilizar *ABSALON*, en el cual se ha utilizado un arreglo de filtro digital tipo butterworth como se muestra en la figura 3. Los resultados se presentan en la figura 4a y 4b. Estos nuevos datos preprocesados apoyan en gran medida el proceso de clasificación, debido a la eliminación de picos indeseables, pero conservando el contenido de la información.

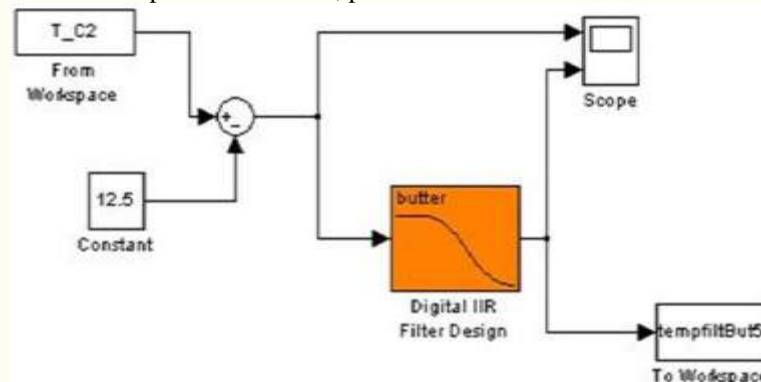


Figura 3. Pretratamiento de los valores de la temperatura del proceso utilizando un filtrado digital tipo Butterworth

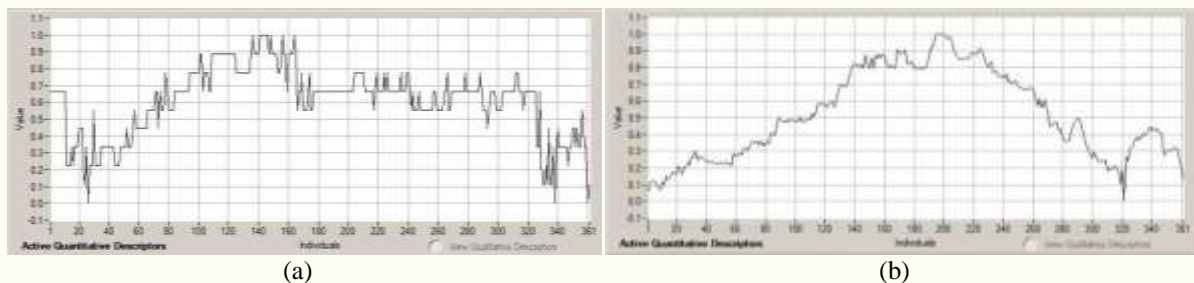


Figura 4. Resultados de antes (a) y después (b) de la aplicación del filtrado digital de la señal de temperatura del proceso (valores normalizados)

Aplicación de LAMDA

Los resultados que se presentan fueron obtenidos utilizando la herramienta SALSA (*Situation Assessment using Lambda classification Algorithm*) basado en el método de clasificación “LAMDA”. Esta herramienta fue desarrollada bajo la plataforma LABWINDOWS y proporciona una interface agradable que permite al experto de intervenir en todos los niveles del proceso de clasificación, presentados en el manual realizado por T. Kempowsky en 2003. Los resultados fueron obtenidos utilizando una estrategia de aprendizaje sin inicialización, aplicando el algoritmo “gauss” para el cálculo de los MAD’s adaptado al conectivo mixto máximo/mínimo, con un índice de exigencia $\alpha=1$ (correspondiente al mínimo difuso) para el cálculo del GAD.

Los tipos de fallas detectadas a la entrada del reactor pueden consistir en el incremento de la composición de agua, o bien en el incremento de las composiciones del metanol o del glicerol. Incluso se puede dar una combinación de ellas en un determinado momento. En la figura 5 se presenta una de estas fallas, del elemento 60 al 200 y del 380 al 495 (en este rango el incremento de agua es mayor). En la figura las señales inician con una operación normal o estable, entre los elementos 0 y 60, aproximadamente. Cada figura contiene dos gráficas, en la gráfica superior, las líneas representan las clases creadas durante el aprendizaje y el eje de las abscisas representan los elementos. En la gráfica inferior, se representaron las señales de entrada normalizadas, obtenidas del simulador de procesos “ASPEN”. También, se puede observar en la gráfica superior, la existencia de la creación de 4 clases correspondientes a la fase de funcionamiento normal o sin falla (clase 1), a las fallas de incremento de agua (clases 2 y 4), y el régimen de transición (clase 3).

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En este trabajo de investigación se estudiaron dos diferentes técnicas que ayudan a la detección de fallas de un proceso complejo, como lo es la obtención de Biodiesel. Se ha comprobado por los resultados encontrados que las técnicas utilizadas de abstracción de información *ABSALON* y de clasificación de datos multivariantes *LAMDA* pueden extenderse y aplicarse hacia otros procesos complejos.

Conclusiones

La técnica de clasificación *LAMDA* ha apoyado la interpretación y detección de fallas del proceso de obtención de Biodiesel simulado en *ASPEN*. Se trata de la implementación de un sistema de monitoreo inteligente que puede ser aplicado a una planta real, en la cual las tareas consisten en la inspección de datos y su clasificación correspondiente por un experto, quien convertirá las clases generadas en los estados funcionales de dicha planta. Así también, esta estrategia puede ser implementada en tiempo real, mediante el manejo de los datos en línea. Finalmente, fue posible mostrar que un pretratamiento de señales (caso de la temperatura) permite mejorar notablemente la clasificación, así como la detección y aislamiento de las fallas. Entonces, el resultado más importante, es que se dispone ahora de una herramienta que permite caracterizar las diferentes fallas o estados del funcionamiento del proceso complejo de obtención de Biodiesel.

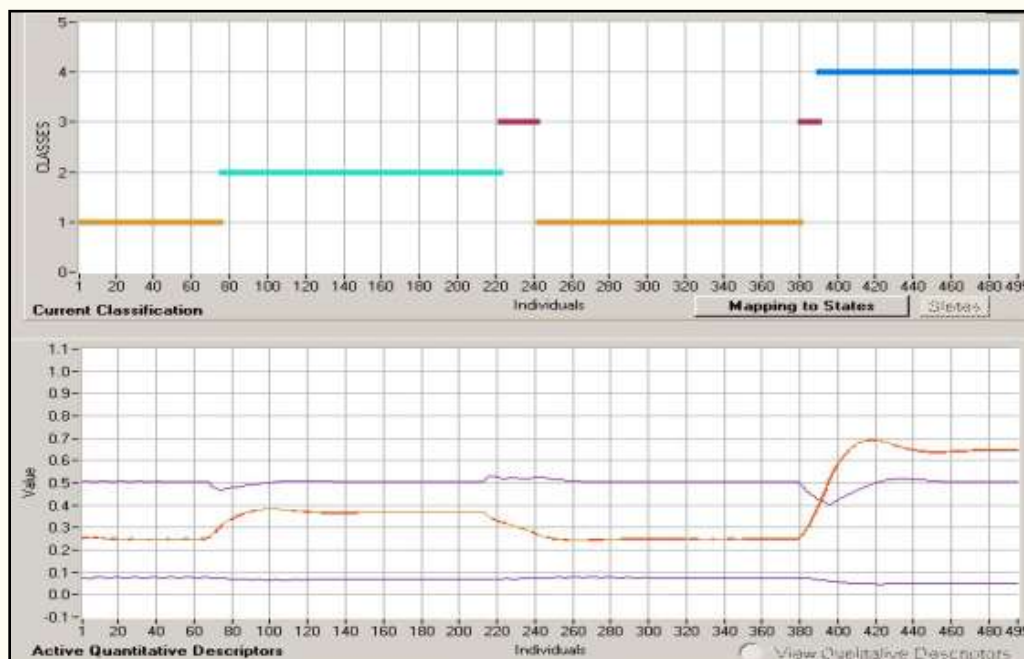


Figura 5. Detección de falla: Incremento de composición de agua durante el proceso (clases 2 y 4)

Recomendaciones

Para permitir la aplicación de esta técnica de manera genérica será conveniente desarrollar una metodología que permita al final: (a) determinar el número de sensores mínimos y su ubicación; (b) determinar el tipo de pretratamiento de las señales (pendiente, moda, análisis de frecuencia o filtro); (c) la mejor configuración de clasificación de datos y su traslado a estados funcionales asistido por el experto.

Referencias

- ASPEN Technology. Dirección de internet: <http://www.aspentech.com/>. Julio 2010.
- ASPEN Plus Biodiesel Model. Version Number: V7.0. July 2008. Copyright © 2008 by Aspen Technology, Inc. All rights reserved. 2010.
- H. Hernández De León, » Supervision et diagnostic des procédés de production de l'eau potable », Thèse de Doctorat à l'INSA de Toulouse 2006. 04160 (2006).
- Kempowsky, T., Aguilar Martin, J., Lelann, M-V., Subias, A. "Learning Methodology of a supervision System using LAMDA Classification Method". LAAS/CNRS. *Iberamia* 2002.
- Kempowsky, T. *SALSA03v2: Situation Assessment using LAMDA Classification Algorithm. User's Manual*. LAAS/CNRS, 2003.
- Piera N., Desroches P., Aguilar Martin J., « LAMDA : An incremental conceptual clustering method ». Rapport du LAAS No. 89420. Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes du CNRS, décembre 1989

Sarrate Estruch R., Aguilar Martín J. "Supervisión inteligente de procesos dinámicos basados en eventos". Universidad Politécnica de Cataluña, mar 2002.

The Mathworks/MatLab. Simulation and Model-Based Design. Dirección de Internet: <http://www.mathworks.com/products/simulink/>. Julio 2010.

Y. Zhang, M.A. Dube, D.D. McLean, M. Kates, "Biodiesel Production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment", *Bioresource Technology*, 89:1-16, 2003.

Notas Biográficas

El Dr. Héctor r. Hernández De León, es egresado del IPN como Ingeniero en Electrónica en 1982. Maestría en Ciencias en Ing Electrónica por el CENIDET en 2001. Doctorado en Ciencias en Sistemas Automáticos por el INSA-Toulouse, Francia en 2006. Ha publicado diferentes artículos en el Iberamia y el Core de IEEE. Actualmente labora como docente e investigador en el Instituto Tecnológico de Tuxtla.

El Dr. Jorge Camas Anzueto es egresado del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica INAOE Puebla. Es experto en Láser y Óptica. Actualmente es Profesor Investigador y Presidente del Consejo de Posgrado de la Maestría en Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

El Dr. Nicolás Juárez Rodríguez es egresado de la Universidad de Manchestre Inglaterra en el área de Mecánica. Actualmente, es el responsable del la red de investigación en Rotomoldeo y Profesor Investigador de la Maestría en Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla, Gutiérrez.

El Dr. Arnulfo Rosales Quintero es Profesor Investigador de la Maestría en Bioquímica del Instituto Tecnológico de Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas, México.

Identificación de Sistemas SISOs, aplicado a un Sistema de Transferencia de Calor

Francisco Ronay López Estrada¹, Nestor Antonio Morales Navarro², Aldo Esteban Aguilar Castillejos,³ Joaquín Domínguez Zenteno⁴

Resumen—Un modelo es una herramienta matemática que describe a un sistema físico real, por lo cual con él se puede predecir el comportamiento dinámico y caracterizar controladores basados en modelos. Tradicionalmente los modelos matemáticos se determinan mediante ecuaciones diferenciales basadas en leyes físicas, por lo cual su obtención puede convertirse en un proceso arduo y costoso. Una forma alternativa de obtener un modelo matemático es mediante técnicas de identificación de sistemas. En identificación de sistemas el modelo se considera como una caja negra y a la entrada se le aplica una señal binaria pseudoaleatoria. El modelo matemático es obtenido mediante el uso de estructuras que describen la relación entre entradas conocidas y salidas medidas del sistema. En este trabajo se muestra el modelo obtenido de un sistema de control de temperatura mediante las estructuras ARX y Output Error.

Palabras claves—Identificación de sistemas, ARX, Output-Error, Modelo matemático, Box Jenkins.

Introducción

Debido a que los sistemas dinámicos abundan en nuestro medio ambiente, las técnicas de identificación de sistemas han cobrado gran relevancia en diversas áreas del conocimiento (ingenierías, economía, biotecnología, etc.), donde se requiere de un modelo preciso para fines de análisis, predicción, simulación, diseño y control. En particular, las técnicas de control actuales requieren de modelos matemáticos cada vez más exactos para el análisis y el diseño [2]. Siendo que en muchos casos, tales modelos no pueden ser obtenidos en forma sencilla y económica a partir de las leyes que rigen cada proceso. Juega un papel decisivo la Identificación de Sistemas Dinámicos. Esta herramienta es capaz de proporcionar los métodos necesarios para obtener de manera relativamente sencilla los modelos matemáticos buscados con un alto grado de exactitud [3]. Estimar los parámetros es contar con un modelo que se comporte como el sistema real, es de vital importancia en el mundo del diseño de controladores, sobre todo aquellos basados en modelos [5].

EL GUI de identificación CaToKi se presenta en este contexto como una ventana alternativa al IDENT de MATLAB [4], con una interfaz más amigable y está diseñado específicamente para identificación en lazo abierto de sistemas SISOs. Es una herramienta para obtener modelos matemáticos de procesos reales y para facilitar la comprensión de todos los conceptos matemáticos.

CaToKi (Calculation Tool-Kit) permite obtener modelos matemáticos en forma de función de transferencia, el modelo obtenido puede utilizarse para diseñar controladores y aplicarlos a los procesos. Con CaToKi los polinomios de la función de transferencia pueden obtenerse eligiendo una de las siguientes estructuras: ARX, ARMAX, Output Error y Box-Jenkins.

B. 2 MODELOS

El modelo matemático de un sistema consiste en una descripción conveniente de algunas de sus propiedades, y de acuerdo a un propósito particular. El modelo no necesita ser una exacta descripción del sistema, y el usuario debe saber esto para poder llevar a cabo su propósito. Los modelos que aquí se analizan se presentan como funciones de transferencia. Estas funciones de transferencia toman la forma de acuerdo a las siguientes estructuras de modelado:

¹ Francisco Ronay López Estrada es profesor de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas ronaystein@gmail.com (autor correspondiente)

² Nestor Antonio Morales Navarro es estudiante de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas ing.aldo.aguilar@gmail.com

³ Aldo Esteban Aguilar Castillejos es estudiante de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas tecnodromo_22@hotmail.com

⁴ Joaquín Domínguez Zenteno es profesor en la carrera de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas diazaymer@hotmail.com

2.1 ARX

Es la relación entrada-salida más simple que se puede obtener (Fig.1), el modelo ARX, no es el modelo más natural, ya que el ruido es sumado a la salida, luego de pasar a través del denominador del sistema dinámico.

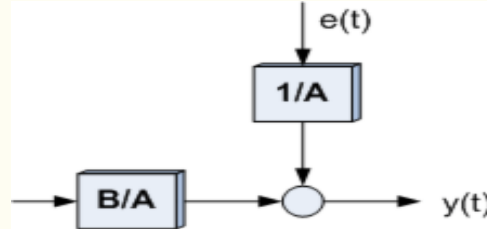


Figure 1: Estructura ARX

Debido a que el término de ruido blanco $e(t)$ entra como un error directo en la ecuación en diferencias, el modelo Error! Reference source not found. es también conocido como modelo o estructura de ecuación de error. En este caso los parámetros a ajustar serán:

$$\theta = [a_1, a_2, \dots, a_{na}, b_1, b_2, \dots, b_{nb}]$$

Donde los polinomios son:

$$A(q) = 1 + a_1 q^{-1} + a_2 q^{-2} + \dots + a_{na} q^{-na}$$

$$B(q) = b_1 q^{-1} + b_2 q^{-2} + \dots + b_{nb} q^{-nb}$$

Resultando:

$$y(t) = \frac{B(q)}{A(q)} + \frac{1}{A(q)} e(t) \quad (1)$$

A este modelo se lo conoce como estructura "ARX", donde "AR" hace referencia a la parte autorregresiva $A(q).y(t)$ y "X" a la entrada extra (extra input) $B(q).u(t)$ también conocida como variable exógena. El flujo de señal de la Figura 1 nos indica que posiblemente éste no sea el modelo más natural desde un punto de vista físico, ya que el ruido blanco es sumado a la salida luego de pasar a través del denominador del sistema dinámico. Sin embargo, el conjunto de modelos de ecuación de error posee una propiedad importante que lo convierte en una primera elección en muchas aplicaciones. Y es que la forma del predictor define una regresión lineal.

1)

2) 2.3 Estructura Output Error

Las estructuras de modelado anteriores tienen al polinomio $A(q)$ como factor común en sus denominadores. Desde un punto de vista físico sería más natural parametrizar estas funciones de transferencia en forma independiente. Supongamos entonces por un momento que la relación entre la entrada y una salida no perturbada $w(t)$ puede ser representada como una ecuación en diferencias lineal, y que la perturbación consiste en ruido blanco. Se introduce el polinomio:

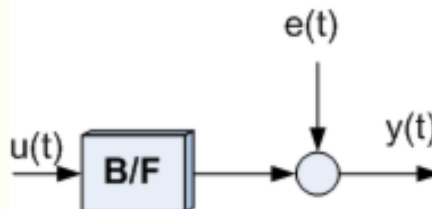


Figure 2: Estructura Output Error

$$F(q) = 1 + f_1 q^{-1} + f_2 q^{-2} + \dots + f_{nf} q^{-nf}$$

$$y(t) = \frac{B(q)}{F(q)} u(t) + e(t) \quad (2)$$

C. 3 GUI de identificación SISO

El trabajo actual más importante en el campo de la identificación de sistemas es el de Ljung [3], el cual sirve como teoría de base en la realización de este trabajo en conjunto con el toolbox [4] de identificación de sistema de MATLAB. CaToKi es una interfaz gráfica la cual permite de manera interactiva encontrar, graficar y validar modelos matemáticos de procesos reales. Los modelos obtenidos por CaToKi son SISOs y lineales en forma de función de transferencia. La ventana principal se aprecia en la Fig. 3.

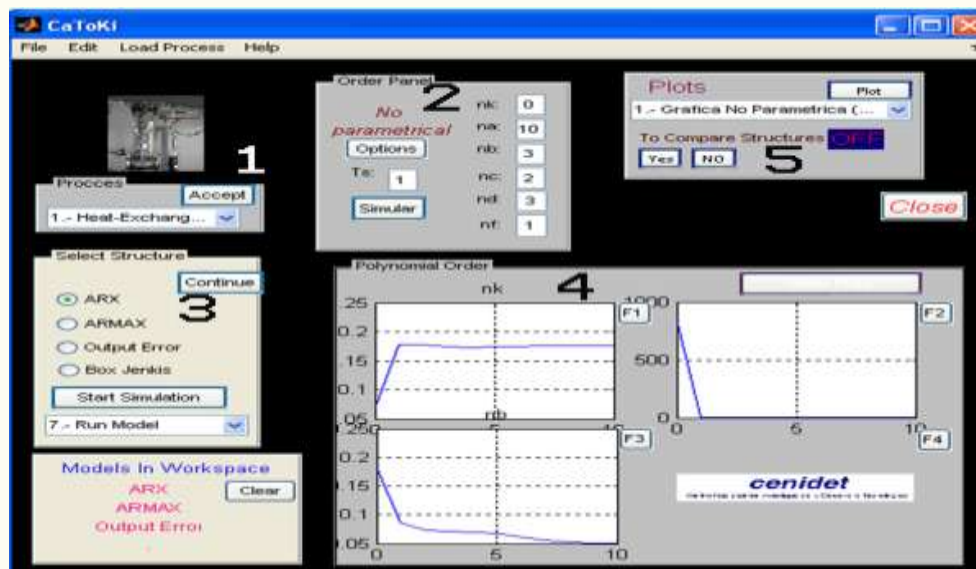


Figure 3: Panel principal

El GUI está dividido en paneles. Estos paneles están ordenados de acuerdo a los pasos que se deben seguir en los procesos de identificación. De acuerdo a al Fig. 3 éstos pasos son:

- 1.- Selecciona uno de los ejemplos precargados (datos tomados de Daysi data [1]) ó introduce los datos entrada-salida tomados del proceso por el usuario.
- 2.- El panel Orden tiene dos objetivos: a) Encontrar el modelo no paramétrico del sistema introduciendo el tiempo de muestreo con el cual se tomaron los datos. b) Introducir los órdenes de los polinomios “na, nb, nc, nd, nk” de acuerdo a la estructura seleccionada. Éstos se calculan mediante la *Loss Funtion* programada por Ljung.
- 3.- Selecciona la estructura a utilizar, la cual puede ser: ARX, ARMAX, Output Error o Box Jenkins.
- 4.- Mediante la *Loss Funtion* se determinan los órdenes correctos de los polinomios de cualquiera de las estructuras.
- 5.- Este panel permite validar el modelo encontrado mediante el uso de gráficas, tanto en respuesta temporal como frecuencial. El o los modelos obtenidos se imprimen en el workspace de MATLAB®.

3.1 Identificación Paramétrica

Actualmente no existe ninguna herramienta que pueda seleccionar el grado apropiado de cada uno de los polinomios y es ahí en donde entra en juego el criterio *ingenieril*. Los conocimientos así como también la experiencia dentro del campo de estudio nos permitirá elegir los órdenes apropiados de los polinomios.

Con el GUI CaToKi el problema de identificación se reduce a encontrar los órdenes de los polinomios del modelo. Cuenta con una instrucción que permite calcular la función de pérdida del polinomio. En otras palabras, permite seleccionar el orden de polinomio considerando el orden del sistema y la pérdida de información respecto a éste.

4. RESULTADOS

El sistema térmico a identificar es el siguiente:

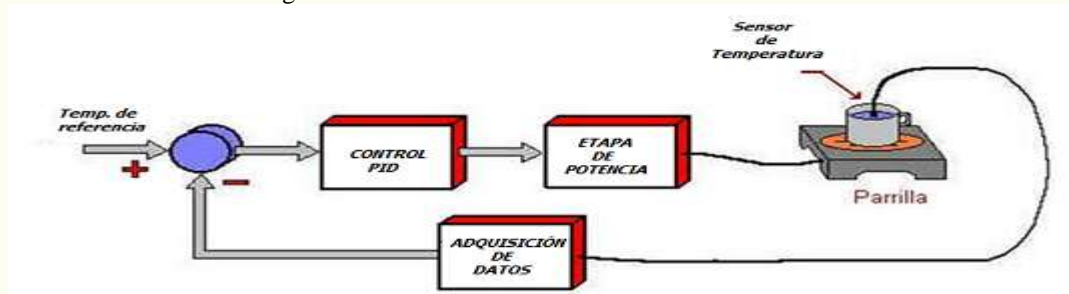


Figura 4: Sistema de transferencia de calor a identificar

En la Figura anterior se muestra el diagrama a bloques de los elementos que componen el sistema de control. La etapa de potencia utilizada se compone de un optoaislador MOC 3011 y un triac MAC15, la cual, dependiente del ciclo de trabajo del PWM activará y desactivará la parrilla eléctrica.

Uno de los primeros pasos del proceso de identificación es determinar el tiempo de muestreo, por lo que se aplica una entrada escalón al proceso, de modo que manipulando los otros flujos, esta se regule dentro de la zona lineal. Esto nos permite determinar la constante de tiempo del sistema aplicando el método de los dos puntos, descrito por B. Wayne Bequette para obtener una constante de tiempo de 170 segundos. Posteriormente se procedió al cálculo del tiempo de muestreo óptimo de nuestro sistema mediante la siguiente relación:

$$\tau_m N > \tau_p \quad (2)$$

En donde τ_m es el tiempo de muestreo, N el número de bits de la SBPA y τ_p la constante de tiempo.

$$\tau_m > \frac{\tau_p}{N} = \frac{170}{256} = 0.664 \quad (3)$$

Con lo que elegimos un valor de 2 para cumplir esa condición y comenzar nuestra identificación del sistema. Una vez obtenido nuestro tiempo de muestreo se realizó una prueba al sistema a una entrada SBPA (Señal pseudoaleatoria) y se registraron también los datos de salida del mismo. Estos datos se almacenan en una matriz denominada datos que contendrá los valores de entrada y salida obtenidos en el proceso. Se tomarán los valores medios de la secuencia de entrada y salida para realizar la estimación mediante el procesamiento de las señales haciendo uso del software Matlab. Los datos obtenidos se muestran en la Figura 5.

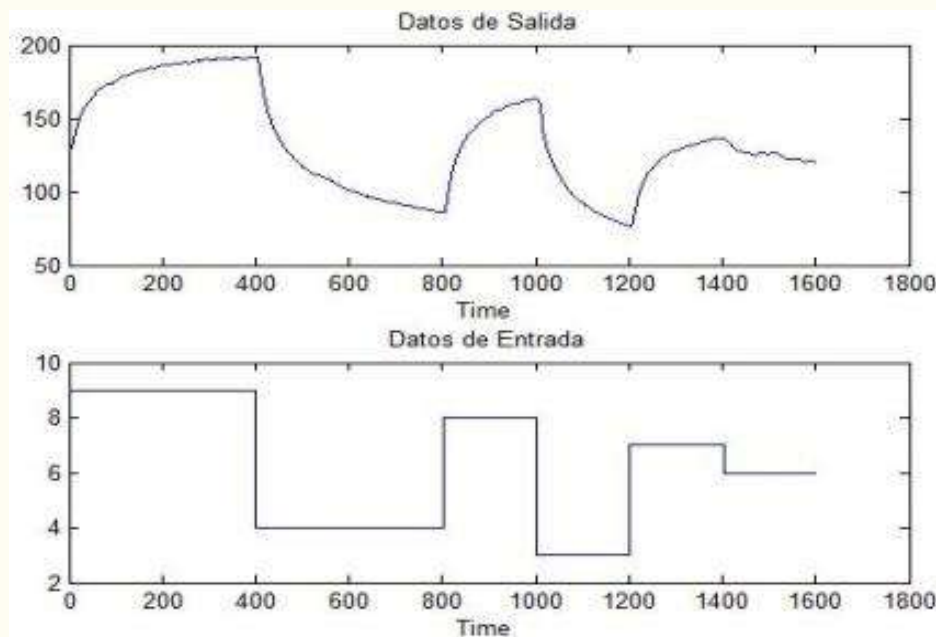


Figura 5: Estructura iddata no paramétrica del sistema.

La elección de una estructura apropiada (por ejemplo: ARX, ARMAX, OE, etc.) es un paso crucial en el camino de la identificación de sistemas dinámicos. Dicha elección debe estar basada tanto en el entendimiento del proceso de identificación, como en un acabado conocimiento del sistema a identificar. Con anterioridad se ha descrito una serie de estructuras típicas para ser usadas en identificación. Lo que se propone ahora es complementar dichas listas con una discusión detallada acerca de cómo arribar a un modelo, guiados tanto por el conocimiento del sistema como por el conjunto de datos recolectados.

Validación

El modelo estimado puede llegar a ser el mejor disponible; sin embargo, más importante aún es saber a ciencia cierta si dicho modelo es suficientemente bueno para nuestros propósitos. El proceso de evaluación de un modelo para determinar si es el apropiado es conocido como validación del modelo. Para el ejemplo del sistema de transferencia de calor con estructura ARX los órdenes del modelo son: $[n_a, n_b, n_k] = [3 \ 4 \ 2]$. El modelo obtenido es:

$$A(q) = 1 - 1.009q^{-1} - 0.96q^{-2} + 0.978q^{-3}$$

$$B(q) = -3.76 \times 10^{-6}q^{-2} - \dots + 2.04q^{-5}$$

El modelo OUTPUT- ERROR, se tiene $n = [n_b, n_f, n_k] = [10, 3, 0]$, lo cual arroja los siguientes polinomios:

$$B(q) = 6.81 \times 10^{-5}q^9 - \dots - 3.1 \times 10^{10}q - 2.07 \times 10^8$$

$$F(q) = q^9 + 19.5q^8 + \dots + 2.46 \times 10^5q + 230.9$$

Selección del modelo

Hasta este momento se han obtenido los polinomios y el orden para las dos estructuras, el proceso de evaluación para determinar si un modelo es apropiado para nuestro sistema se conoce como validación del modelo, que consta del análisis de las respuestas de los modelos a una entrada dada (en este caso escalón), el análisis de residuos, la respuesta temporal, del error y la

gráfica de bode. Aquí se hace notar que la estructura ARX se adapta mejor, dado que no provoca residuos considerables, en tanto que el OE genera un alto número de residuos en la función de correlación.

Gráficas de respuesta temporal

Aplicando a la entrada del modelo una señal de entrada escalón, tanto al modelo obtenido como al modelo no para métrico, se grafican ambos y se observan si tienen un comportamiento semejante y, de ser necesario, se calcula el error. Para el ejemplo del sistema de transferencia de calor, la respuesta a una entrada escalón se muestra en la Fig. 6a, puede apreciarse que tanto para el modelo ARX como para el OE se tiene una respuesta suave, lo cual hace valido al modelo.

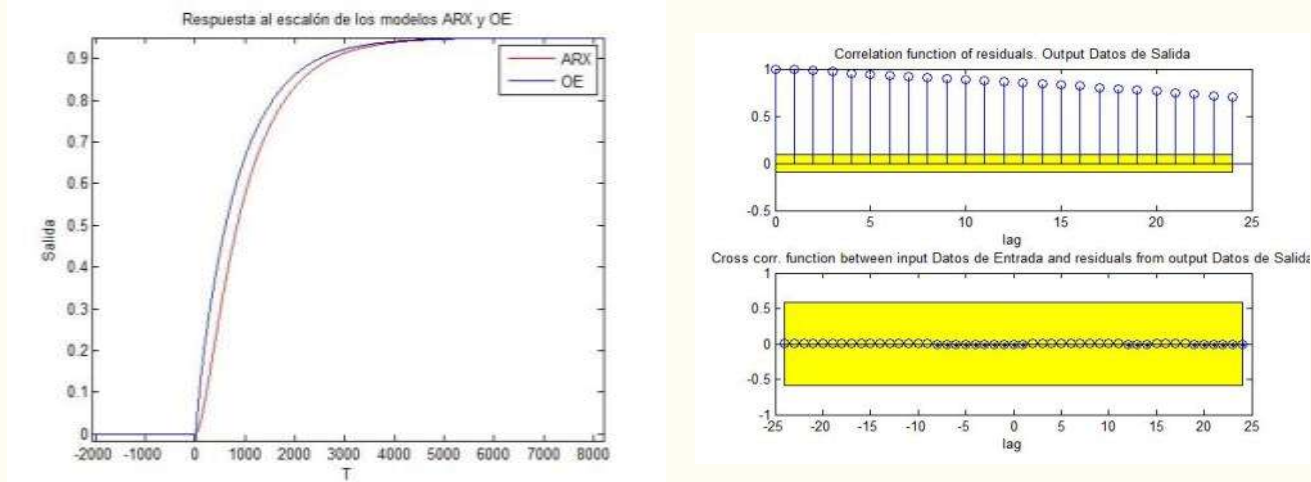


Figura 6: a) Respuesta a una entrada escalón, b) Gráfica de residuos

Gráficas de Residuo

Los residuos asociados con los datos y el modelo dado (diferencia entre la salida real del proceso y la salida estimada con el modelo) son independientes de la entrada y tienen, idealmente, características de ruido blanco. CaToKi Determina el error del modelo encontrado. La gráfica de residuo para el ejemplo se aprecia en la Fig. 6 b.

El criterio de análisis de esta gráfica es simple: la banda amarilla indica el error permitido para el modelo, por lo que si todos los residuos se encuentran dentro de esta banda es indicativo de que el error está dentro del permitido. Para este caso es de 0.5 y por ende la estimación de los parámetros del modelo es correcta y valida.

Gráficas de Compare

Permite saber si el modelo escogido es capaz de reproducir los datos que se observan, a partir de excitar al modelo con una cierta entrada $u(t)$. El GUI corre una simulación excitando el modelo a la entrada con los datos originales. La gráfica resultante se aprecia en la Fig. Error! Reference source not found.. La gráfica en si puede resultar un poco confusa, pero lo más importante de ésta es que nos arroja un dato numérico, el cual nos indica el **ajuste** entre el modelo obtenido y la función de transferencia no paramétrica.

Conclusiones

La identificación de sistema lineales mediante la obtención del modelo matemático que describe al sistema es de suma importancia para determinar los parámetros necesarios que requiere el sistema. Utilizando las estructuras de identificación ARX y Output Error, se observó que la segunda estructura mencionada tiene una mayor eficiencia en el seguimiento del comportamiento del sistema. La estructura Output Error describe al sistema de forma correcta, además de que obtiene una respuesta más rápida y eficiente. Sin embargo no quiere decir que la estructura ARX sea incorrecta, debido a que la estructura obtiene resultados satisfactorios con un margen de error mínimo.

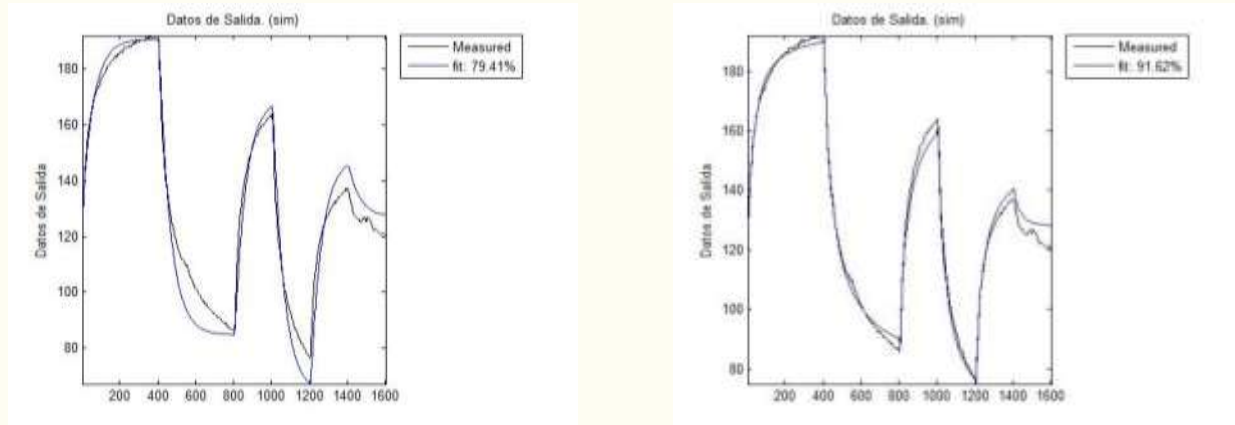


Fig. 7: Gráfica de comparación, a) modelo ARX, b) Modelo OE

Referencias

- [1] Base de datos de Daisy: <http://www.esat.kuleuven.ac.be/tokka/daisydata.html>.
- [2] Kunusch C. (2003), *Identificación de sistemas dinámicos*, Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ingeniería Electrónica.
- [3] Ljung L. (1999), System Identification. Theory for the User. Cap. 1-14.
- [4] Ljung L. System Identification Toolbox (user guide). The Math Works
- [5] Eykhoff P. *System identification: parameter and state estimation*. Chichester, England: Wiley, 1974. 555 p. University of Technology, Eindhoven, The Netherlands
- [6] Ho, B.L. y R.E. Kalman (1965). *Effective construction of linear state-variable models from inputoutput functions*. Regelungstechnik 12, 545 - 548.
- [7] Box, G.E.P and G.M. Jenkins (1970). *Time Series Analysis, forecasting and control*. Holden-Day. Oakland, California.
- [8] López-Estrada F. R., CaToKi 1.0 y Catoki 2.1, Matlab File Exchange: <http://www.mathworks.com>

Valoración de Enfermedades Respiratorias Basada en Modelación Acústica

Pedro Mayorga Ortiz^{1,2}, Christopher Druzgalski², O. Hugo González Arriaga¹, Morelos Raúl Ludwing.¹

¹Instituto Tecnológico de Mexicali, Mexicali B.C., México

²Electrical/Biomedical Engineering, California State University Long Beach, CA, USA

Resumen— La dinámica de crecimiento demográfico experimentada por muchas ciudades ha resultado en sustitución de cultivos por parques industriales, zonas habitacionales, o zonas expuestas a la erosión. La ciudad de Mexicali está localizada en una región árida y es un caso ejemplo experimentado tal transformación paralelamente a un incremento en enfermedades respiratorias y alergias especialmente en niños. Particularmente, los efectos adversos en la salud de las partículas PM₁₀ y asma pueden ser observados. Este artículo presenta un método para una valoración cuantitativa en la salud de pacientes relacionados con desordenes respiratorios usando sonidos del pulmón. Aquí, aplicamos tecnologías tradicionales en el dominio del procesamiento de voz, en señales del pulmón obtenidas con un estetoscopio digital. Técnicas tradicionales para el estudio de las enfermedades respiratorias y asma, involucran las auscultaciones y la espirometría pero métodos más confiables como el estetoscopio electrónico están ya disponibles; métodos cuantitativos de análisis de señales ofrecen mejorar estos diagnósticos. Particularmente, proponemos una metodología de evaluación acústica apoyada en los Modelos Mezclados Gaussianas (GMM) la cual resultara en un análisis más amplio, identificación, y diagnóstico de asma basado en el análisis en frecuencia de sibilancias y crepitaciones.

Palabras clave: Asma, Crepitaciones, Estetoscopio, Modelos Mezclados Gaussianos (GMM), Sibilancias.

INTRODUCCIÓN

Mexicali (Baja California, México) y el Valle Imperial (Estados Unidos) tienen a las enfermedades respiratorias como una de las principales causas de consulta en las unidades de salud. En México, Mexicali destaca en segundo lugar en niveles altos de partículas PM₁₀ [1-7]. Una de las enfermedades respiratorias asociadas con niveles altos PM₁₀ es el asma [7]. El asma es una condición inflamatoria de las vías aéreas bronquiales que provoca secreción excesiva de mucus, hinchazón mucosa y contracción muscular. Estos cambios producen una obstrucción de las vías respiratorias, tensión pectoral, tos y sibilancias al respirar [1].

La auscultación tradicional tiene muchas limitaciones siendo un proceso subjetivo que depende del oído individual, la experiencia y habilidad para distinguir diferentes patrones acústicos. Consecuentemente, no es fácil producir medidas cuantitativas ni registros permanentes de consultas bien documentados. El estetoscopio tiene una respuesta en frecuencia que atenúa componentes acústicas pulmonares, donde el oído humano no es muy sensible [2-5].

La capacidad de realizar una prueba de respiración forzada es un inconveniente en detección de enfermedades respiratorias, pues es necesario en el diagnóstico de obstrucción de vías respiratorias y posiblemente asma. Además, es esencial tener un buen historial clínico de un cuestionario efectuado a los padres del niño [6-14]. En este contexto, es vital una buena valoración de sonidos adventicios, por parte de los padres o por el médico que atiende al paciente. También, es primordial que la familia reconozca el significado de *sonidos adventicios*, ya que frecuentemente los padres usan una misma palabra para describir distintos sonidos. En práctica clínica, la auscultación depende de la experiencia y aptitudes sensoriales del médico. La literatura asocia a las sibilancias con el asma y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas [2-14]. Un estudio demuestra que los padres no suelen identificar bien las sibilancias [3-12]. Tos es otro síntoma común en asma e incluso puede ser el único síntoma y no hay duda de que puede concluir en un diagnóstico de asma [1, 12, 13].

Las herramientas digitales son mejores al identificar niños con sonidos adventicios de aparición temprana, a fin de dar un tratamiento adecuado [4-26]. La distinción entre sonidos respiratorios normales y anormales fortalece el diagnóstico médico. Estudios realizados al oído humano muestran deficiencias en la auscultación, dependiendo de la edad de la persona y de su entrenamiento [26]. De aquí, que técnicas como reconocimiento de patrones y procesamiento digital prometen ser más precisas y ayudan a consolidar los diagnósticos médicos.

La comunidad Europea ha financiado diversos proyectos concertados por el proyecto de acción intitulado *Computerized Respiratory Sound Analysis* (CORSAs), cuyo objetivo principal fue establecer protocolos para la investigación y la práctica clínica en el campo de los sonidos respiratorios [4].

TÉCNICAS ACÚSTICAS PARA LA VALORACIÓN DE ASMA

Algunos expertos en asma argumentan que los sonidos adventicios no son un elemento suficiente para diagnosticar asma, pero éstos siguen siendo fundamentales al diagnosticar patologías respiratorias. La espirometría es una serie de pruebas respiratorias controladas para medir capacidad y volumen pulmonar; el paciente debe estar relajado frente al espirómetro para colocar una boquilla en su boca. Durante la valoración se pide al paciente que efectúe varios soplos de práctica, adiestrándolo para que realice una inspiración máxima, seguida por una espiración forzada rápida, repitiéndolo hasta completar tres repeticiones [1].

El estetoscopio es útil para detectar sonidos distintivos: silbidos, crujidos y variaciones de intensidad sonora [2]. Un estetoscopio electrónico convierte las ondas acústicas a señales eléctricas, permitiendo escucharlas óptimamente. Otra técnica consiste en colocar un micrófono en la pieza para el pecho, pero presenta interferencia por ruido ambiental; un método más efectivo incluye un cristal piezoeléctrico en la cabeza de un eje metálico haciendo contacto con un diafragma. Actualmente, la comunidad científica y organismos como CORSA e *International Lung Sounds Association* (ILSA) promueven el uso de métodos digitales en la detección y tratamiento de enfermedades respiratorias.

FRECUENCIAS CARACTERÍSTICAS Y HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS RESPIRATORIAS

Hay dos clasificaciones de sonidos pulmonares (**LS**): los LS *traqueales* escuchados sobre la tráquea, de alta intensidad y ancho de banda entre de 0 y 2 kHz; además están los LS *vesiculares*, presentes a la altura del pecho, retirados de las vías aéreas centrales, con una frecuencia entre 0 y 600 Hz [2-5]. Para ampliar el rango espectral de las señales, se deben procesar mediante un micrófono o estetoscopio electrónico con respuesta casi plana en el rango de 20Hz a 5 kHz. Las tasas de muestreo pueden ser tan bajas como 4 kHz y tan altas como 22.05 kHz. La duración de los LS varía entre 20 y 50 ms, implicando una tasa de muestreo de 10 kHz, con un bloque de señal de 256, 512 o 1024 muestras necesarias para la FFT [4].

A. Sonidos Adventicios

- **Crepitaciones.** Son sonidos adventicios discontinuos explosivos de carácter transitorio, con una duración menor a 20 ms y espectro amplio, en un rango de 100 hasta 2000 Hz [6, 8, 9].
- **Graznidos.** Sonidos cortos musicales aspiratorios, con duración raramente superior a 400 ms [6].
- **Sibilancias.** Sonido similar a una onda sinusoidal, con frecuencia dominante usualmente entre 100-2000 Hz y duración entre 80-250 ms [6, 9, 11-14]. La sibilancia es utilizada como criterio de severidad o clasificador epidemiológico de evaluación [6, 9, 11-13].
- **Ronquidos.** Normalmente asociados con la apnea de sueño obstructivo y desórdenes cardiovasculares. La frecuencia fundamental ha sido reportada tan baja como 30 Hz y puede ser mayor a 250 Hz en ciertos casos [10].
- **Silbidos.** Son sibilancias de volumen alto, caracterizados por un pico frecuencial prominente en 1 kHz [6].

B. Análisis de Sonidos de la Respiración

Los LS traqueales declinan rápidamente en intensidad después de 850-900 Hz. El sonido del corazón debería filtrarse mediante un pasa-altas con frecuencia de corte en 50-60 Hz. Cabe notar que los LS normales están contenidos debajo de 400 Hz.

C. Base de Datos RALE

RALE¹ fue desarrollada en la universidad de Winnipeg, Canadá; contiene un repositorio de archivos obtenidos de registros de pacientes que presentaban respiración normal, crepitaciones, sibilancias y otros. RALE contiene más de 50 registros etiquetados lo que permite crear modelos acústicos para estos casos, igualmente contiene otros 24 registros sin etiquetar, lo que permite probar el sistema y evaluar un aprendizaje.

Las señales fueron filtradas con un pasa-altas a 7.5 Hz para suprimir cualquier offset DC mediante un filtro Butterworth de primer orden. Además, se aplicó otro filtro Butterworth pasa-bajas de octavo orden a 2.5 kHz para evitar traslape. Las señales en la base de datos están muestreadas a 10 kHz.

¹ <http://www.rale.ca/LungSounds.htm>

IV. METODOLOGÍA SUSTENTADA EN MODELOS ACÚSTICOS GMM PARA EL RECONOCIMIENTO DE SONIDOS RESPIRATORIOS

Cuando se desea construir un sistema de reconocimiento, es fundamental contar con un número importante de señales para cada caso. El conjunto se divide en dos particiones, una de ellas para efectuar el cálculo de los modelos acústicos (*aprendizaje o entrenamiento*) [15-17, 19]; la partición restante será empleada en las evaluaciones y estimar la eficiencia de reconocimiento del sistema. Al no contar con un número apropiado para ambas etapas, se optó por evaluar con validación cruzada, la cual es una modalidad empleada cuando la cantidad de datos no es abundante [27].

A. Fase de Entrenamiento y Generación de Modelos Acústicos GMM

Para hacer a un sistema automático útil para un médico, se debe de contar con modelos acústicos de las patologías (o *diccionario*) a fin de discriminar los sonidos del pulmón y emitir un diagnóstico de la salud del paciente, como sería el caso de la presencia de asma. Por esta razón, una base de datos debe tener una gran cantidad de registros y lograr una hipótesis confiable sobre una nueva lectura de LS. Además, es importante construir modelos acústicos con señales de pulmón saludables y desarrollar la misma tarea en pacientes con patologías respiratorias, especialmente en el caso de niños.

Los sonidos son parametrizados, haciendo un preénfasis con filtros FIR (Respuesta al Impulso finita), se le aplica una ventana Hamming cada 10ms con longitud de 30ms; se aplica el algoritmo FFT (Transformada Rápida de Fourier) por trama y de ahí se obtiene el modulo que multiplicamos por las escalas de Mel o de Bark, esto es lo que se denota como vector acústico MFCC [15]. Un modelo GMM (Modelo Mezclado Gaussiano) está caracterizado por sus medias, covarianzas y ponderaciones; cada caso será representado por un modelo GMM (λ). En la fase de entrenamiento se calculan los modelos acústicos para cada caso o patología (*i.e.* las señales de distintos sonidos adventicios o patologías y las de pulmón saludable), formando el llamado diccionario (en ingles *codebook*) de modelos acústicos. Una señal de una misma patología, tiene que ser grabada con múltiples pacientes para que sea representativa. Luego, al conjunto de grabaciones de señales para una patología específica o señales saludables, dependiendo de cuál sea el caso, se le extraen los vectores característicos MFCC (Coeficientes Cepstrales en Frecuencia Mel) con una cierta longitud (por ejemplo $d=13$). Una vez que se tienen todos los vectores MFCC para un caso o patología, estos son empleados por el algoritmo de Máxima Expectación (EM) para calcular el correspondiente modelo acústico, una explicación más exhaustiva se puede ver en [15-21]. Una alternativa muy eficiente para propósitos de inicialización, sería efectuar primero todo el proceso con cuantización vectorial [15, 16].

B. Fase de evaluación

El método GMM se vale del algoritmo EM para calcular los modelos $\lambda_i = \{m_i, \vec{\mu}_i, \Sigma_i\}$, este cálculo se efectúa sobre el conjunto de vectores MFCC extraídos de las distintas grabaciones para un solo caso adventicio específico o respiración normal dependiendo del caso, es decir se constituye una clase acústica. La media $\vec{\mu}_i$ representa el promedio de todas las observaciones (o vectores MFCC) y la matriz de covarianza Σ_i modela la variabilidad de las características en una clase acústica (sería más eficiente si se centra esto en un rango de edades de los pacientes). En nuestro caso, M es el número de densidades para un modelo y m_i es la ponderación para cada densidad Gaussiana dentro de una mezcla o modelo. Con el propósito de optimizar los modelos, se ejecuto el cálculo de los modelos con un número de densidades que variarían (por ejemplo de 1 a 20 Gaussianas) seleccionando el mejor compromiso entre los mejores resultados y el menor número de densidades en la mezcla. Utilizando la fórmula de Bayes [16] y eliminando de esta $p(\vec{x})$ por mantenerse constante en el proceso de maximización, se obtiene la fórmula fundamental en el reconocimiento automático de la señal, la cual proporciona la mejor hipótesis:

$$C = \arg_{1 \leq i \leq I} \max p(X|\lambda_i)p(\lambda_i) \quad (1)$$

Tomando en cuenta que el total de grabaciones de sonidos para una patología o para respiración normal arrojan un número enorme de observaciones o vectores de características, así como suponiendo independencia estadística entre cada vector, la generalización de la regla para seleccionar la mejor hipótesis conduce a

$$\prod_{t=1}^T p(\vec{x}_t|\lambda_i) > \prod_{t=1}^T p(\vec{x}_t|\lambda_r); \quad r = 1, \dots, I \quad (2)$$

En el contexto científico de procesamiento de voz y de modelos estadísticos para reconocimiento de patrones [17, 18, 19, 20, 21], el termino $\prod_{t=1}^T p(\vec{x}_t|\lambda_i)$ se le conoce como función de similitud. Pero como cada grabación contiene cuantiosos vectores acústicos, es necesario simplificar los cálculos evitando desbordes por computadora, por lo cual es mucho más común presentar el *log* de la función de similitud (lo cual es válido, ya que *log* es una función monótona y no cambia la relación $>$ o $<$).

Finalmente, la productoria se transforma en sumatoria, a la nueva expresión se le conoce como la regla de decisión de máxima similitud.

$$L(\lambda_l) = \sum_{t=1}^T \log p(\vec{x}_t | \lambda_l) \quad (3)$$

Esta última expresión, es la que se utiliza en el proceso de comparación siendo la que realmente se aplica al decidir cuál es la hipótesis más probable. En otras palabras, la señal de entrada se asocia con el modelo acústico dentro de nuestro diccionario, con el cual es más probable.

La evaluación con validación cruzada (VC) fue aplicada en nuestros experimentos debido a que se contaba con una cantidad limitada de registros por caso [27] (4-7 registros distintos por caso o señal adventicia). Las particiones se efectuaron seleccionando 3 registros para crear el modelo acústico y un registro para realizar la evaluación. Estas configuraciones se fueron alternando hasta completar 4 evaluaciones por caso.

RESULTADOS

Las evaluaciones se efectuaron de dos maneras: una de ellas (que denotaremos de referencia, o REF) fue calcular los modelos acústicos con un conjunto de cuatro señales por caso y evaluando con las mismas, examinando si el sistema es capaz de reconocer las mismas señales con las cuales fue calculado el modelo acústico; la segunda modalidad fue efectuada mediante validación cruzada (VC), ya que (como se mencionó en el párrafo anterior) es la más objetiva.

Los primeros experimentos efectuados con registros LS fueron para calcular modelos GMM de distinto tamaño, extrayendo de RALE los datos en forma de vector MFCC, construyendo un diccionario de modelos por caso, como se muestra en la tabla I. Otro experimento consistió en determinar la longitud mínima necesaria del vector MFCC como se muestra en las tablas I y II. Básicamente, en estos experimentos se varía el tamaño del vector, así mismo se considera la inclusión o la no inclusión de las derivadas en el vector MFCC. Los coeficientes MFCC están relacionados con la energía resultante de una serie de filtros aplicados, distribuidos linealmente hasta el orden de 1000 Hz y logarítmicamente a partir de ahí. La primera y segunda derivada refleja cambios, con la desventaja de ser sensibles al ruido como pudiera confundirse en crepitaciones, pero no en las demás señales. Así mismo, las derivadas son útiles para ver la dinámica de cambio o evolución en las señales.

Los resultados con mejor comportamiento se obtuvieron aplicando 11 Gaussianas (GMM11), pero los cambios no son substanciales; sin embargo, lo que sí es evidente es que modelando con vectores MFCC de 4 o más coeficientes, los resultados mejoran, salvo algunos “comportamientos” irregulares (para GMM9, estabilizándose con GMM10). Esto último es razonable ya que con más de tres coeficientes incluimos las bandas más significativas en el caso de señales adventicias.

DISCUSION

En situaciones de reconocimiento de voz o de locutor, se debe contar con una gran cantidad de datos (por ejemplo, alrededor de 24 grabaciones de varios segundos por locutor, con frases fonéticamente equilibradas y alrededor de 200 locutores) a fin de que los modelos acústicos capturen la estructura fina del aparato fonador que distingue a un locutor.

TABLA I

TAMANO MINIMO ACEPTABLE EN MODELOS GMM (NUMERO DE DENSIDADES) Y VECTOR MFCC (NUMERO DE, COEFICIENTES), ASI COMO MODELOS GMM CON MEJORES RESULTADOS (GMM9, GMM10, GMM11)

EXPERIMENTO	#densidades minimo		#densidades Incluye silbidos		Coef. MFCC sin Δ 's		GMM9 % de Reco.		GMM 10 % de Reco.		GMM 11 % de Reco.	
	REF	VC	REF	VC	REF	VC	REF	VC	REF	VC	REF	VC
Normal	3	6	4	6	3	7	92.3	48	92.3	44.2	92.3	46.1
Crepitaciones	3	6	4	6	3	7	100	90.3	100	98	100	98
Asma	3	6	4	6	3	7	100	50	100	51.9	100	50
Sibilancias	3	6	4	6	3	7	84.6	25	84.6	25	84.6	26.9

TABLA II

EFICIENCIA DE RECONOCIMIENTO CON VECTOR MFCC INCLUYENDO O NO DERIVADAS (DELTAS, O Δ), VALORES PROMEDIADOS CON MODELOS GMM DE 1-20 DENSIDADES

EXPERIMENTO	13 Coef. REF	13 Coef. VC	13+13 Δ REF	13+13 Δ VC	13+13 $\Delta\Delta$ REF	13+13 $\Delta\Delta$ VC
Normal	100	46.2	95	48.7	95	51.2
Crepitaciones	100	90	100	87.5	100	86.2
Asma	100	61.2	100	53.7	100	50
Sibilancias	100	30	100	31.2	100	32.5

Buscando reforzar los modelos acústicos, se creó un corpus de registros de señales de pulmón, cuyos resultados experimentales se ven en la tabla III. Para efectos del experimento, se estrecharon los parámetros de los registros utilizados: todas las señales utilizadas corresponden a 4 puntos de grabación, pertenecientes a la zona del pulmón bajo posterior (espalda). Se utilizaron 28 grabaciones de respiración normal procedentes de esta de datos protocolaria, de las sesiones impares de todos los sujetos que tenían un número de sesiones par. El resto corresponden a la base de datos RALE, las cuales son, por tipo: 8 de respiración normal, 4 de crepitancias, 5 de asma y 7 de sibilancia. Aunque se llevaron a cabo numerosos experimentos, variando la cantidad de mezclas Gaussianas y Vectores MFCC para la construcción del modelo, a continuación se muestra el resultado experimental con mejor índice de reconocimiento.

TABLA III

EFICIENCIA DE RECONOCIMIENTO CON VECTOR MFCC, UTILIZANDO EL CORPUS DE GRABACIONES PROTOCOLARIO.

Parámetros		Señal adventicia	No. de Grabaciones disponibles	No. de grabaciones reconocidas
Mezclas Gaussianas: Vectores MFCC:	10	Normal	36	34 / 36
	13	Crepitancias	4	4 / 4
		Asma	5	5 / 5
		Sibilancia	7	7 / 7

Si se desea reconocer la voz en cuestiones lingüísticas, se requiere una cantidad de grabaciones de la misma frase o palabra con una diversidad de locutores buscando que las variables estadísticas en los modelos acústicos reflejen características acústicas de la palabra o fonemas [17, 19]. Desafortunadamente no contamos con un número favorable para tener representada convenientemente la estructura fina del sistema respiratorio; RALE tiene un número pequeño de grabaciones por señal adventicia, que no corresponde ni a un mismo grupo de edad, ni a varias ocasiones de la misma persona y ni efectuadas en la misma posición del cuerpo. A pesar de las limitantes, los experimentos muestran más del 50% de aciertos, evidenciando el potencial de la metodología.

En la mayoría de las evaluaciones, los modelos menos bien comportados fueron para sibilancia y normal, esto hace pensar que respiración normal tiene un patrón menos definido y necesitamos ser mas objetivos. Requeríamos más grabaciones y al menos disponer el experimento por grupos de edades ya que las características anatómicas en niños, adultos y ancianos

impactan las características frecuenciales de las señales. Esto fue algo que constatamos y los resultados mejoraron como se muestra en la tabla III.

Otra observación, es que al incluir señales de silbido aumentamos el diccionario, repercutiendo en la necesidad de más datos para el cálculo de modelos y mantener la eficiencia o mejorarla. Para el caso de las sibilancias, solo se obtuvieron modelos acústicos bien comportados cuando se utilizaban vectores MFCC con un número de coeficientes mayores a tres. Similar a reconocimiento de voz, las características espectrales de la señal se encuentran en bandas superiores correspondiendo a coeficientes superiores dentro de los vectores MFCC.

En lo que respecta a crepitaciones, esta señal fue la más factible de reconocer. Parece que tienen una banda de frecuencia característica con una buena contribución energética, la cual la distingue de asma, normal, sibilancias y silbidos; es decir los picos característicos de crepitaciones contribuyen estadísticamente lo suficiente para identificarlas de las demás. Luego en el modelo acústico, estos proporcionan un peso importante en la varianza y media, repercutiendo en un modelo GMM más robusto.

Las señales de asma son muy complejas, el concepto mismo de asma diverge y evoluciona, según los expertos establecer asma a partir de sonidos adventicios no es suficiente. Como nuestros registros de asma son heterogéneos y poco numerosos, no muestran estadísticas distintivas concluyentes ni bandas con contribución energética particular. Sin embargo, obtenemos valores de 50% o más en todos los casos (tablas I y II), lo cual evidencia la utilidad del uso de estas técnicas para valoración de asma.

CONCLUSION

Efectuamos experimentos con señales de la respiración normales y adventicias, aplicando vectores acústicos MFCC y modelos acústicos GMM. Estas metodologías facilitaran la auscultación en casos de niños o en situaciones donde la persona que ausculta tiene sus sentidos sensoriales auditivos debilitados y/o le falta pericia. Equivalentemente, prometen ser una alternativa confiable evitando la ambigüedad en la detección de señales adventicias por parte del médico o de los padres del paciente.

En nuestros experimentos, variamos el tamaño de los modelos acústicos buscando un buen compromiso en términos de eficiencia y costo computacional. Los mejores resultados se obtuvieron con modelos de 9, 10 y 11 mezclas Gaussianas. Así mismo, constatamos que MFCC y GMM tienen potencial en la valorización de enfermedades en las vías respiratorias. Nuestro sistema arrojó 52.5% de eficiencia de reconocimiento al aplicar validación cruzada. Sin embargo, la eficiencia de reconocimiento de referencia fue del 98.75%, dejando de manifiesto que esta metodología de reconocimiento de patrones amerita ser aprovechada en problemas de salud.

En un futuro, se pretende mejorar estas técnicas aplicando un pre-procesamiento, tal como un filtrado para suprimir ruido y el corazón en algunos registros. Definitivamente, será pertinente extender el número de registros de la base de datos y llevar a cabo análisis más concienzudos de las bandas importantes y de los coeficientes MFCC. Además, deberíamos objetivar los experimentos a rangos de edad más limitados, conduciendo a modelos más robustos y específicos de patologías o respiración normal.

REFERENCIAS

- [1] Miguel A. Serra Valdés, "Evaluación de la Terapia Inhalada en Pacientes con Asma Bronquial Persistente", <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/>
- [2] Leontios J. Hadjileontidis, "Biosignal and compression Standards, M-Health Emerging Mobile Health systems, Topics in Biomedical Engineering", Springer 2006 International Book Series, pp. 277-292, ISBN 0387-26558-9.
- [3] Volker Gross, Anke Dittmar, Thomas Penzel, Frank Schutter, and Peter Von Wichert, "The Relationship between Normal Lung Sounds, Age, and Gender", *Am J Respir Crit Care Med* Vol 162. pp 905-909, 2000, Internet address: www.atsjournals.org
- [4] A.R.A. Sovijärvi, J. Vanderschoot, J.E. Earis, "Standardization of computerized respiratory sound analysis", *Eur Respir Rev* 2000; 10: 77, 585, ISSN 0905 – 9180.
- [5] J.E. Earis, B.M.G. Cheetham, "Current methods used for computerize respiratory sound analysis", *Eur Respir Rev* 2000; 10: 77, 586-590, ISSN 0905 – 9180.
- [6] A.R.A. Sovijärvi, L.P. Malmberg, G. Charbonneau, J. Vanderschoot, F. Dalmaso, C. Sacco, M. Rossi, J.E. Earis, "Characteristics of breath sounds and adventitious respiratory sounds", *Eur Respir Rev* 2000; 10: 77, 591-596 ISSN 0905 – 9180.
- [7] Efraín Carlos Nieblas Ortiz, Margarito Quintero Nunez, "Gestión Fronteriza para la Generación eléctrica en la Región California, Estados Unidos-Baja California, México", *Revista: Región Y sociedad* Vol. XVIII, No. 37, 2006, ISSN 1870-3925.
- [8] M. Rossi, A.R.A. Sovijärvi, P. Piirilä, L. Vannuccini, F. Dalmaso, J. Vanderschoot, "Environmental and subject conditions and breathing manoeuvres for respiratory sound recordings", *Eur Respir Rev* 2000; 10: 77, 611-615, ISSN 0905 – 9180.

- [9] G. Charbonneau, E. Ademovic, B.M.G. Cheetham, L.P. Malmberg, J. Vanderschoot, A.R.A. Sovijärvi, "Basic techniques for respiratory sound analysis", *Eur Respir Rev* 2000; 10: 77, 625–635, ISSN 0905 – 9180.
- [10] Druzgalski, C., Potentials and Barriers of Extensive Auscultatory Databases, 27th International Conference on Lung Sounds, September 12 - 14, 2000, Stockholm, Sweden.
- [11] Druzgalski, C., Distributed Analysis of Signal Integrity Impediments in Respiratory Acoustic Signatures. WC2003 - The World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. August 21-30, 2003. Sydney, Australia.
- [12] Druzgalski, C.; Shenoy, N.; Kumar, S.; Enhanced Pulmonary Function Testing and Segmental Respiratory Performance Evaluation. The World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006(WC2006), Aug. 27 B Sept. 1, 2006, Seoul, Korea.
- [13] Hans Pasterkamp, "State of Art: Respiratory Sounds Advances beyond the Stethoscope", *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol. 156, pp. 974–987, 1997.
- [14] Henk J.W. Schreur, Jan Vanderschoot, Aeilko H. Zwinderman, Joop H. Dijkman and Peter J. Sterk, "Abnormal Lung Sounds in Patients with Function Asthma during Episodes with Normal Lung", DOI 10.1378/chest.106.1.91, *Chest* 1994;106:91-99, ISSN:0012-3692.
- [15] Rabiner L., Biing-Hwang J., "Fundamentals of Speech Recognition", Prentice Hall, ISBN 0 13 015157, 1993.
- [16] Jelinek, F.: "Continuous speech recognition using statistical methods", *Proceedings of the IEEE*, vol. 64(4), pp. 532-556.
- [17] Bimbot R., Bonastre J.-C., Fredouille C., Gravier G., Magrin-Changnolleau I., Meignier S., Merlin T., Ortega-García J., Petrovska-Delacretaz D., Reynolds D. A., "A Tutorial on Text_Independent Speaker Verification", *Eurasip Journal on Applied Signal Processing*, Vol. 4, 1, April 2004. pp. 430-451.
- [18] Pearce D., "An Overview of ETSI Standards Activities for Distributed Speech Recognition Front-Ends", *AVIOS 2000: The Speech Applications Conference*, San Jose, CA, USA, May 22-24, 2000.
- [19] Mayorga-Ortiz P., Besacier L., Lamy L. and Serignat J.F., "Audio Packet Loss over IP and Speech Recognition", *ASRU IEEE 2003 (Automatic Speech Recognition & Understanding)*, St. Thomas, Virgin Islands, USA, Nov. 1-Dec. 4, 2003, pp. 607-612.
- [20] Reynolds D. A., "A Gaussian Mixture Modeling Approach to Text-Independent speaker Identification", Ph. D. Thesis, Georgia Institute of Technology, August 1992.
- [21] Andrew R. Webb, "Statistical Pattern Recognition", John Wiley & Sons, Second Edition, 2002.
- [22] Universidad Católica de Chile, Atlas de sonidos Respiratorios, <http://escuela.med.puc.cl/Publ/AtlasRuidos/introduccion.html>
- [23] Marco Antonio Reyna Carranza, Margarito Quintero Núñez, Kimberly Collins, "Correlation Study of the Association of PM10 with the Main Respiratory Diseases in the Populations of Mexicali, Baja California and Imperial County", California, *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, Volume 2 Número 1 2005 M.
- [24] S. Cortés, R. Jané, "Análisis de Sibilancias en Pacientes Asmáticos durante Respiración Espontánea", XXV Jornadas de Automática, Ciudad Real, España, 8-9 Septiembre, 2004.
- [25] Andrew Bush, "Diagnostico de Asma en Niños Menores de Cinco", *Primary Care Respiratory Journal* (2007), 16 (1) : 7-15., 1471-4418 © 2006 General Practice Airways Group. All rights reserved doi:10.3132/pcrj.2007.00001.
- [26] Sandra Reichert, Raymond Gass, Amir Hajjam, Abderrafaa Koukam, Christian Brandt, Karine Baldassari, Gérard Nguyen and Emmanuel Andres, "ASAP: a Platform to Collect and Validate Auscultation Sounds", *E-MEDISYS 2008, 2nd International Conference: E-Medical System* October 29-31, 2008 – TUNISIA.
- [27] Martinez W.L. and Martinez A.R., "Computational Statistics Handbook with MatLab", Second Edition, Chapman & Hall/CRC, 2008, ISBN 1-58488-566-1.

Interfaz Gráfica para el Análisis, Diseño, Simulación y Control de Sistemas Lineales en Tiempo Continuo y Discreto

Jesús Ernesto Velázquez López¹, Francisco Ronay López Estrada², Odilio Orozco Magdaleno³ y Vicente León Orozco⁴

Resumen- ADS_CoLiSyS es una herramienta para el Análisis, Diseño, Simulación y Control de Sistemas Lineales. Basados en la filosofía del software libre y el código abierto, se crea esta interfaz bajo el lenguaje de programación matemático de alto nivel Scilab. Con una interfaz sumamente amigable, ADS_CoLiSyS proporciona al usuario un conjunto de recursos con los cuales realizará aplicaciones de control de una manera fácil y rápida. Por mencionar algunas de las cualidades que esta interfaz tiene, podemos señalar las siguientes: Manejo de Sistemas en forma de Funciones de Transferencia y en Espacio de Estados, Manejo de Sistemas en Tiempo Continuo y en Tiempo Discreto, capacidad de Simulación de la Respuesta del Sistema a diversas entradas (Entrada Escalón, Pulso, etc.), Simulación de Respuesta en Frecuencia (Diagramas de Bode, etc.), Análisis de Controlabilidad para Espacio de Estados, Diseño Automático de Controladores de Atraso y Adelanto de Fase, Sintonización de Controladores P, PI, PID, Construcción de Funciones de Transferencia para sistemas típicos como Filtros y Controladores, entre otras aplicaciones.

Enfocando el uso de esta interfaz en el sector educativo, proporcionamos una herramienta para la enseñanza de los temas que Teoría de Control, con lo que la principal contribución de este trabajo, en este sector, es lograr que el sistema realice los complejos cálculos matemáticos y la programación de estos de forma automática, de tal manera que el usuario pueda concentrarse en el diseño de los controladores y en los resultados obtenidos.

Palabras claves— Control Automático, Sistemas Lineales, Tiempo Discreto, Espacio de Estados, SciLab

Introducción

Se presenta el desarrollo de una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) especializada en Teoría de Control. Tiene como objetivo brindar al usuario un conjunto de herramientas para analizar, simular y controlar sistemas lineales en tiempo continuo y discreto.

Esta GUI realizará aplicaciones de control tales como: Análisis de tipo temporal (respuesta a una entrada escalón, impulso, onda cuadrada y de señal aleatoria); Análisis en el dominio de la frecuencia (Diagramas de Bode, Nyquist, Black). Diseño de sistemas de control mediante control P, PI, PID, Compensadores en Atraso y Adelanto de Fase. Simulación de Sistemas en Espacio de Estados. • Análisis de Estabilidad mediante gráficas de polos y lugar de las raíces. En sistemas de tiempo discreto y Continuo.

La Interfaz es un sistema multiplataforma, creada bajo las filosofías del Software Libre y el OpenSource, teniendo por ello, su desarrollo dentro del Sistema Operativo Linux (más no es exclusivo de este) y como base el software matemático Scilab.

Descripción de la Interfaz ADS_CoLiSyS

El conjunto de funciones matemáticas fue desarrollado bajo el software matemático Scilab, este es un lenguaje de programación matemática de alto nivel, de cálculo científico, de uso libre y está disponible para los sistemas operativos más populares. Además, cuenta con herramientas que permiten realizar cálculos numéricos, simbólicos, animaciones, integración de códigos de otros lenguajes de programación y creación de interfaces gráficas de usuario (GUIs). Debido a estas características se seleccionó SCILAB para desarrollar la interfaz para el Análisis, Diseño, Simulación y Control de Sistemas Lineales (ADS_CoLiSyS por sus siglas en inglés). La interfaz muestra una ventana de manipulación de los sistemas a analizar y una ventana para mostrar y manipular los gráficos. A continuación se describen dichas partes.

Ventana Principal

En esta ventana se ingresa el sistema a controlar, además, permite manipular las entradas, aplicar las herramientas de control necesarias y elegir el tipo de salida del sistema (ver Figura 1 Ventana PrincipalFigura 1). Sus características principales son:

¹ Jesús Ernesto Velázquez López es estudiante de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas neto_7887@hotmail.com

² Francisco Ronay López Estrada es profesor de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas ronaystein@gmail.com (autor correspondiente)

³ Odilio Orozco Magdaleno es profesor de la carrera de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas orozmag@yahoo.com.mx

⁴ Vicente León Orozco es profesor de la carrera de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas vleon1368@hotmail.com

- Barra de Herramientas. Menús de ADS_CoLiSyS

- ? : Menú de ayuda de Scilab
- Choose System: Elección del tipo de estructura de modelado del sistema: Función de Transferencia o Espacio de Estados; tiempo Continuo o Discreto.
- Typical TF: Para diseño automático de Funciones de Transferencia para algunos filtros y controladores comunes.
- Control: Para elegir un controlador al sistema: Controladores de adelanto o atrase de fase y PID.
- GUI: Contiene ayuda de la Interfaz

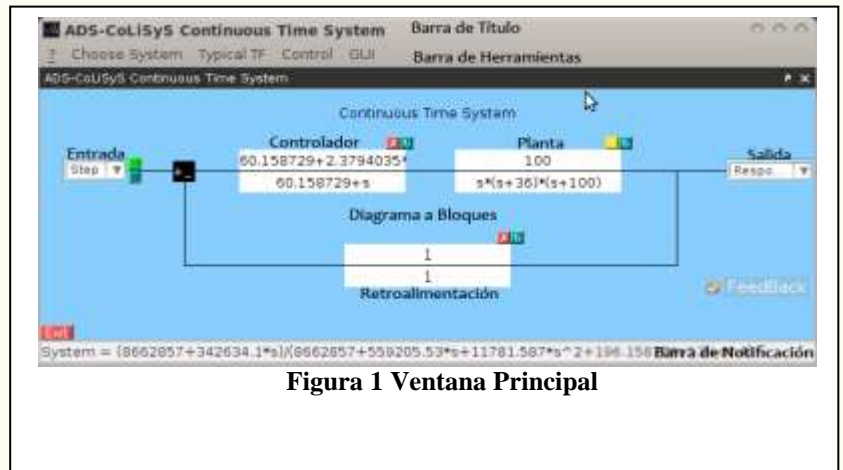


Figura 1 Ventana Principal

- Diagrama a bloques. La representación del sistema.
 - Planta: Es el sistema en análisis
 - Controlador: Donde se ingresa el elemento de control
 - Retroalimentación: O feedback del sistema
 - Entrada: Para seleccionar la entrada del sistema: Step, Impulse, otras.
 - Salida: Para elegir la gráfica a obtener: Response (depende de la entrada), Bode, Nyquist, otras.
- Botoneras: Por medio de estas podemos:
 - Reiniciar el sistema: Botón amarillo. Elimina todos los bloques para ingresar un nuevo sistema.
 - Modificar parámetros: Botones verdes. Modifica los parámetros correspondientes al bloque en el que se encuentren
 - Eliminar bloques: Botones Rojos. Eliminan del sistema los bloques a los cuales pertenezcan.
- Barra de Notificación: Donde se muestra la función matemática del sistema actual

Ventana de Gráficas

En ella se obtiene la salida del sistema, es decir, en ella se representa la gráfica solicitada al sistema por el usuario. Se encuentra en la Figura 2 y se compone de:

- Barra de Herramientas: Menús de la ventana.
 - File: Menú de Scilab para Abrir/Guardar/Cerrar/etc. la ventana
 - Herramientas: Menú de Scilab para Alejar/Acercar/Etc. la figura en la ventana
 - Editar: Menú de Scilab para editar la ventana Limpiar/Redibujar/Propiedades/Etc.
 - ? : Menú para ayuda de Scilab
 - Change Plot: Para elegir alguna de las otras gráficas
 - Algunas gráficas cuentan con menús propios como:
 - Margin: Ej. en Bode, para ver o graficar los márgenes de fase y ganancia

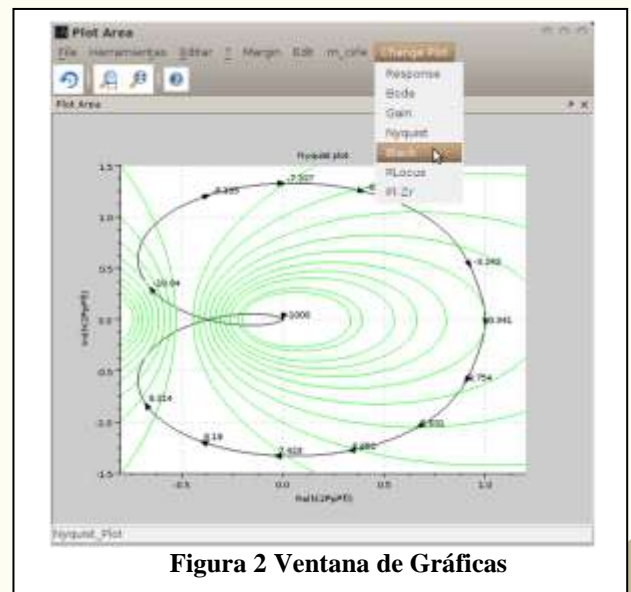


Figura 2 Ventana de Gráficas

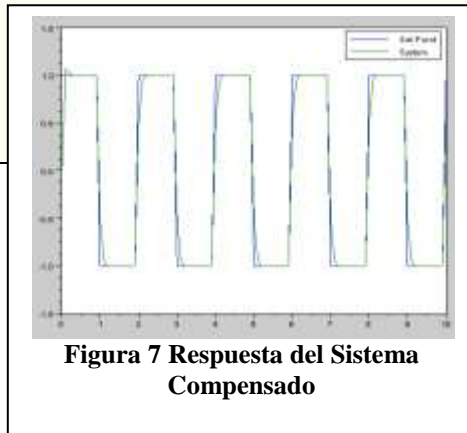


Figura 7 Respuesta del Sistema Compensado



Figura 4 Ingresar Función de Transferencia

en tiempo continuo y es el que se observa en la Figura 3.

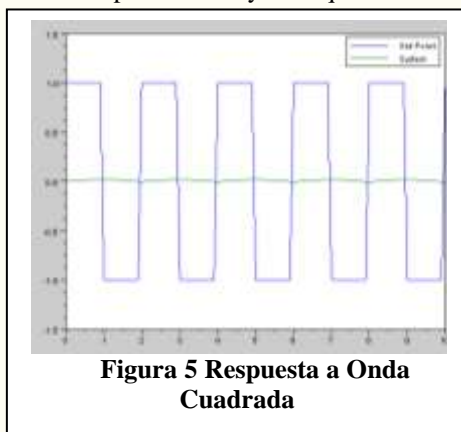


Figura 5 Respuesta a Onda Cuadrada

la respuesta del sistema (en color verde) es incapaz de seguir la señal de referencia (en color azul).

Para poder corregir el problema es necesario diseñar el controlador apropiado. ADS_CoLiSyS tiene la capacidad de diseñar automáticamente Compensadores de Atraso y/o Adelanto de Fase, así como el diseño de controladores P, PI, PID. También podemos ingresar controladores ya diseñados por el usuario.

Compensador de Adelanto de Fase

Elegido el tipo de Controlador como un Compensador de Adelanto de Fase, dejamos a ADS_CoLiSyS diseñarlo automáticamente. Para lo cual hacemos lo que sigue:

1. Definir el sistema analizado en Lazo Abierto
2. Seleccionar desde la barra de herramientas: Control → Lead Compensator → Design
3. Ingresar los parámetros que el sistema nos pide en el cuadro de diálogo:
 - a. Percent Overshoot: Porcentaje de sobre-tiro máximo de la respuesta del sistema compensado.
 - b. Kv: Es la ganancia de estática de retroalimentación
 - c. Ts: Es el tiempo de estabilización en segundos.
4. Por último retroalimentar el sistema ya compensado
5. Para analizar el sistema obtener la respuesta a una onda cuadrada [Figura 7]

Edit:
Editar parámetros, ej. el tiempo de graficación.

m_circle:
En el diagrama de Nyquist, agrega un grid de ganancias
chart: en diagrama Black agrega un grid de ganancias

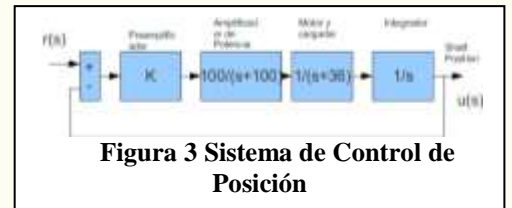


Figura 3 Sistema de Control de Posición

Aplicaciones

Esta interfaz está destinada a facilitar el análisis de sistemas lineales, a continuación se presentan algunos ejemplos en los cuales se utiliza ADS_CoLiSyS.

Sistema de Control de Posición

El siguiente sistema se encuentra como función de transferencia

Elegido el tipo correcto de sistema, en el menú Choose System, para comenzar el análisis en la interfaz, lo primero es introducir la función de transferencia, lo que hacemos de la siguiente manera: Presionamos el Botón Amarillo del Bloque de la planta y nos aparece el cuadro de dialogo para ingresar los parámetros, lo que observamos en la Figura 4.

A continuación retroalimentamos el sistema, activando el CheckBox "Feedback", y dando "Ok" en el cuadro de dialogo para una retroalimentación unitaria. Debemos analizar la respuesta del sistema a una entrada escalón, pulso o rampa. La función de transferencia retroalimentada en ADS_CoLiSyS debe verse como se muestra en la Figura 6.

El modelo cuenta con un integrador lo cual hace que en lazo abierto sea inestable y en lazo cerrado sobreamortiguado. Si queremos ver la respuesta del sistema a una entrada tipo onda cuadrada, elegimos en la entrada del sistema "Square", y automáticamente nos arrojará en la ventana de gráficas, la salida o respuesta del sistema. Podemos observarla en la Figura 5. Analizando esta gráfica podemos ver que



Figura 6 Diagrama a Bloques del Sistema

Ahora analizamos la respuesta del sistema de acuerdo a la gráfica arrojada por la salida [Figura 7], vemos que el sistema responde de una mejor manera a la entrada, si observamos la respuesta del sistema (en color verde) esta logra seguir a la señal de referencia (en color azul) de una manera muy eficiente, la cual corresponde a los parámetros ingresados anteriormente. Si el usuario no está totalmente satisfecho puede volver a realizar los pasos anteriores hasta lograr la respuesta deseada, o bien ingresar su propio controlador desde: Control→Lead Compensator→Insert.

Respuesta en Frecuencia

Continuando con el análisis del sistema anterior, ahora veremos su respuesta en frecuencia. ADS_CoLiSyS como ya se mencionó anteriormente, también nos brinda la capacidad de análisis de este tipo, con herramientas para Diagramas de Bode, Nyquist, Black.

En las figuras Figura 9 y Figura 8 observamos los diagramas de Nyquist y Bode del sistema anterior.

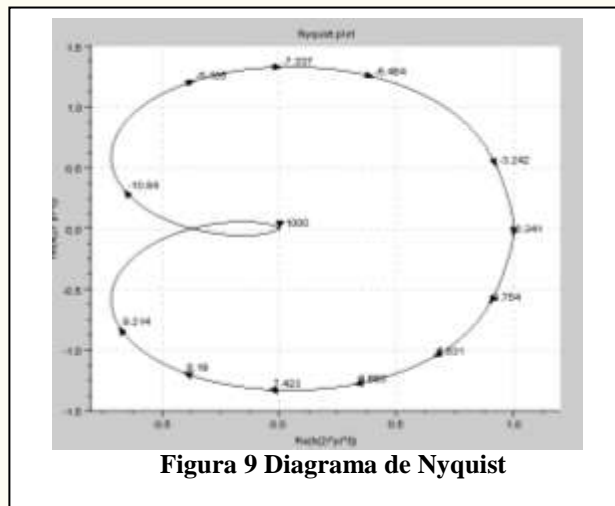


Figura 9 Diagrama de Nyquist

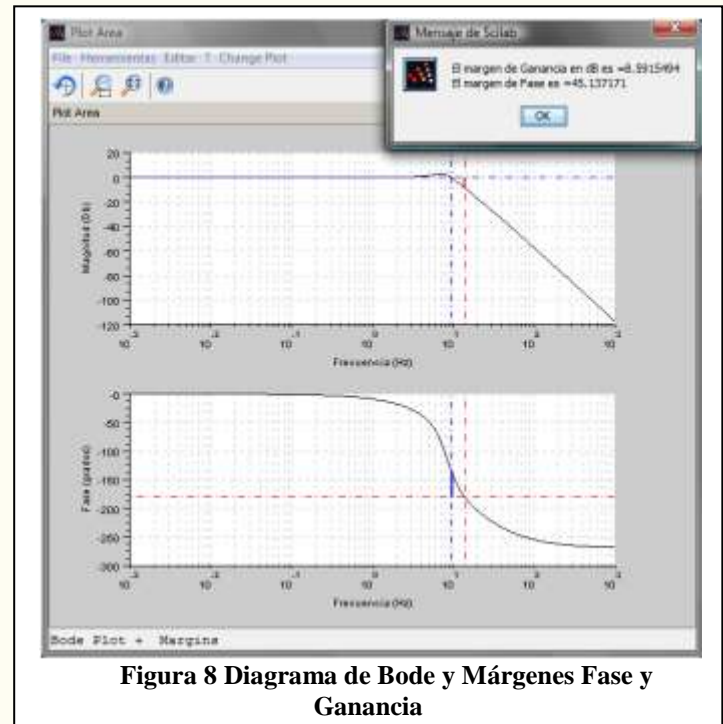


Figura 8 Diagrama de Bode y Márgenes Fase y Ganancia

Márgenes de Fase y Ganancia

En el Diagrama de Bode de la Figura 8, podemos observar también que se encuentran graficados los márgenes de fase y ganancia, del sistema, los mismos que se presentan en un cuadro de diálogo



Figura 11 Parámetros del Filtro

para su fácil adquisición. Esto no es exclusivo de Bode, puesto que también se puede utilizar en Nyquist.

Función de Transferencia Tiempo discreto

ADS_CoLiSyS maneja también funciones de transferencia en tiempo discreto, lo cual podemos hacer al seleccionar desde el menú Choose System→Transfer Function→Discrete Time.

Un ejemplo sencillo en este tema, sería el diseño automático de un filtro pasa bajas de un polo, únicamente necesitamos la frecuencia de corte a la cual trabajará y el tiempo de muestreo del mismo.

Para lo anterior, vamos al menú Typical TF→Simple Filters→Single Pole L-P, lo que nos arrojará un cuadro de diálogo pidiéndonos los valores antes mencionados [Figura 11], proporcionados los datos, ADS_CoLiSyS crea la función de transferencia y la representa en el diagrama a bloques [Figura 10]. Los parámetros utilizados fueron: Frecuencia de Corte = 100 Hz y Tiempo de Muestreo = 0.001.

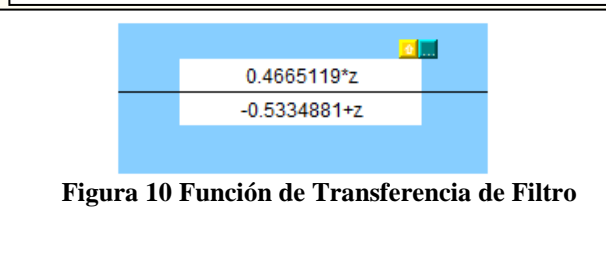


Figura 10 Función de Transferencia de Filtro

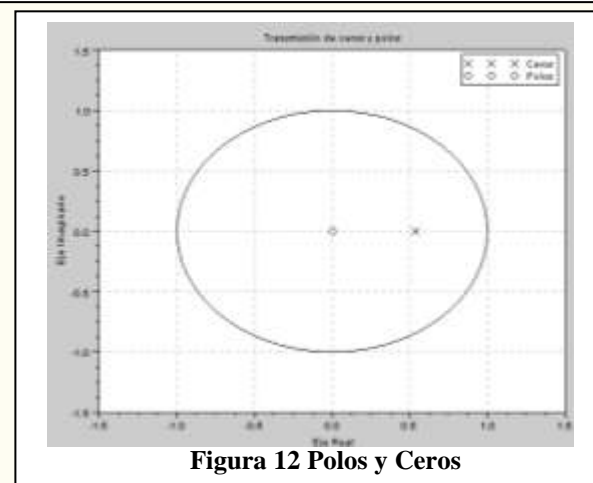


Figura 12 Polos y Ceros

Ahora podemos analizar la función de transferencia de nuestro filtro. Como ejemplo analizamos el criterio de estabilidad, mediante un diagrama de Polos y Ceros, como se muestra en la Error! Reference source not found., en la cual observamos un Cero (representado por un “o”) en el origen, y un Polo (representado como una “x”) en el origen del eje imaginario y desplazado en 0.5 sobre el eje real, dentro de la circunferencia de radio unitario, por lo que el sistema aún es estable.

Espacio de Estados

Para manejar Espacio de Estados en tiempo Continuo, primeramente elegimos este tipo de sistema, desde el menú: Choose System→State Space→Continuos Time. Para el caso de Tiempo discreto elegimos Choose System→State Space→Discrete Time.

Para ingresar los valores de nuestro sistema, damos clic en cualquiera de los botones de la plata, lo que nos presentará un cuadro de diálogo como el de la Figura 13, en el caso de tiempo continuo, en el cual ingresaremos las matrices A, B, C, D del sistema, así como también podemos ingresar los estados iniciales del mismo.

Como ejemplo podemos mencionar el sistema:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -7 & -3 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D = 0$$

Comenzando el análisis, podemos checar su controlabilidad desde el menú: Check System→Controllable, lo que nos arrojará un cuadro de diálogo con la leyenda: “This System IS Controllable” en caso que lo sea, o “...No...” en el caso contrario [Figura 14].

Para analizarlo podemos utilizar, por ejemplo, la gráfica Evans o lugar de las raíces, tal como se muestra en la Figura 15. Esta gráfica nos representará las raíces del sistema, y dará una aproximación del comportamiento de los polos y ceros del sistema al cambio o aplicación de una u otra ganancia.

En este mismo diagrama, podemos obtener las ganancias determinadas en un punto, mediante el menú del área de gráficos: Find→Gain, que en un cuadro de diálogo nos presentará la o las ganancias del sistema en ese punto del gráfico.

En el caso de Espacio de Estados en Tiempo Discreto,

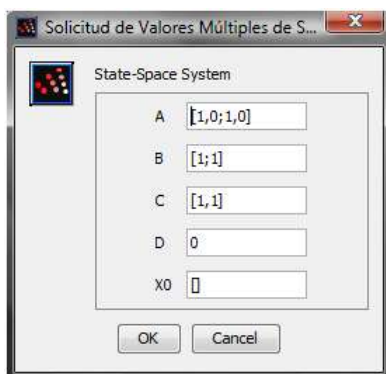


Figura 13 Espacio de Estados Tiempo Continuo



Figura 14 Controlable

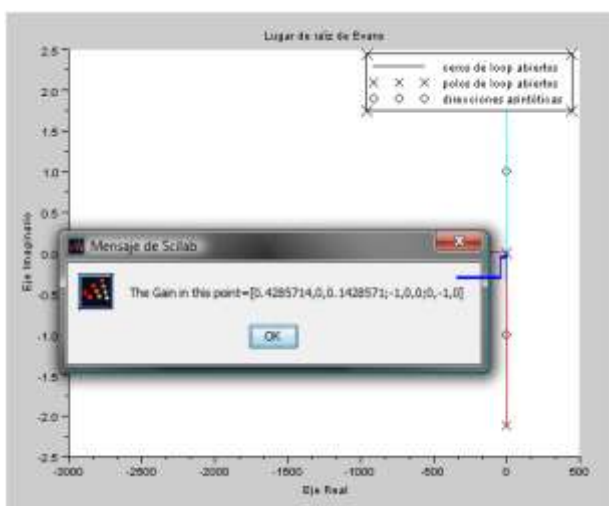


Figura 15 Gráfica Evans

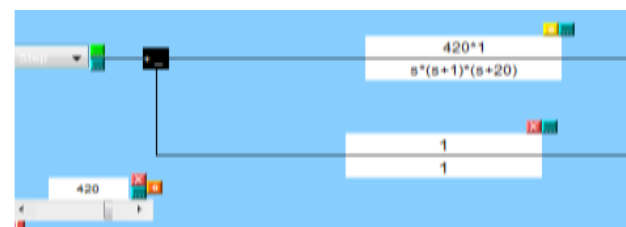


Figura 16 Sintonizar PID

ingresar los valores de las matrices del sistema es muy similar al tiempo continuo, con la diferencia que se ingresará también el tiempo de muestreo para el sistema.

Sintonización de un controlador PID

ADS_CoLiSyS puede diseñar controladores P, PI, PID con una simple intervención del usuario, mediante el método de Sintonización por Oscilaciones Sostenidas. A continuación se presenta un ejemplo.

Se debe diseñar un controlador PID para el sistema:

$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+20)}$$

Para resolver el ejemplo, podemos seguir los siguientes pasos:

- 1) Ingresar la función de transferencia del sistema a ADS_CoLiSyS
- 2) Seleccionar desde la barra de herramientas Control → PID → Tune in
- 3) Buscar la ganancia que nos proporcione las oscilaciones sostenidas a la respuesta a un escalón [Figura 16]
- 4) Clic en el botón naranja del panel de ganancia
- 5) Elegir PID e ingresar los valores Kc, Pc encontrados en la gráfica de oscilaciones [Figura 17]
- 6) ADS_CoLiSyS crea el PID automáticamente

Para analizar el sistema mediante su respuesta al escalón antes, durante y después de crear el PID se muestran las Figuras Figura 17, Figura 18 y Error! Reference source not found..

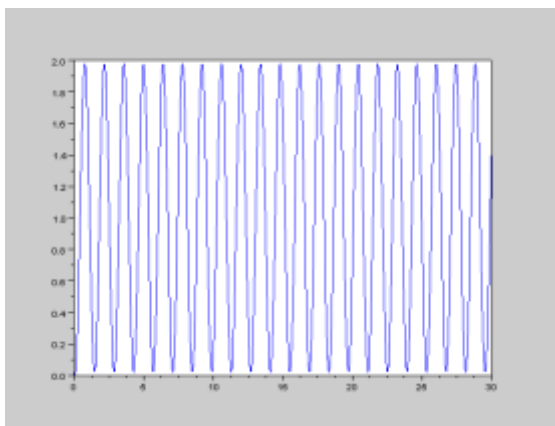


Figura 17 Oscilaciones Sostenidas

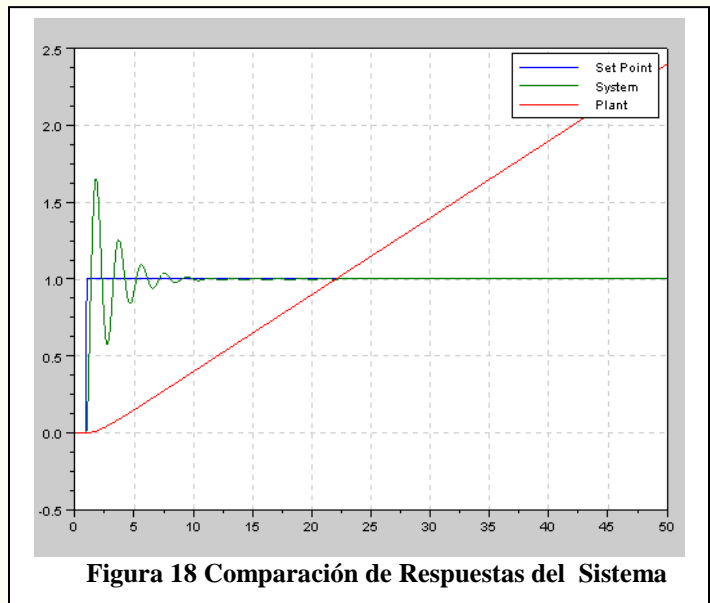


Figura 18 Comparación de Respuestas del Sistema

En la Figura 17 podemos ver como se lograron las oscilaciones sostenidas del sistema, para un buen diseño del PID.

Analizando las gráficas podemos ver como la respuesta del sistema inicial, representado en color rojo [Figura 18], no sigue la señal de referencia, por el contrario, después de aplicada la señal escalón a la entrada del sistema, éste tiene una repuesta que tiende al infinito.

La respuesta del sistema ya controlado, en color verde [Figura 18], después de una oscilación muy corta, se estabiliza y sigue a la referencia. Lo que representa una respuesta rápida, con pocas oscilaciones y sin mucho sobretiro. Podemos decir que se logró un diseño satisfactorio del controlador PID.

Conclusiones

En este trabajo se presentó un conjunto de herramientas matemáticas (Toolbox) programada bajo SCILAB diseñado bajo una interfaz gráfica, la cual es capaz de manejar de manera eficiente sistemas en forma de función de transferencia y espacio de estados, a la vez estos sistemas pueden encontrarse en Tiempo Continuo como en Tiempo Discreto. Además una vez que se introducen los modelos y se sintonizan se pueden: analizar sistemas lineales de manera eficaz, diseñar herramientas de control, simular la respuesta a diferentes tipos de entradas, obtener gráficas de respuesta en frecuencia y verificar la estabilidad y controlar los sistemas con diferentes herramientas proporcionadas por la interfaz.

Aunque ADS_CoLiSyS se desarrolló pensando en los estudiantes de control, también puede usarse para el estudio de filtros, señales y sistemas y como auxiliar en los cursos de electrónica analógica y en donde se requiera el análisis de Sistemas Lineales

Referencias

Bequette, B. "Process Control, Modeling Desing and Simulation". 2005.

Burns, R. S. "Advanced Control Engineering". Butterworth Heinemann, 2001.

Campbell, S. L., Jean-Philippe, and Nikoukhah, R. "Modeling and Simulation in Scilab/Scicos". Springer, 2006.

Dorf, R. C. and Bishop, R. H. "Modern Control Systems". Pearson Prentice Hall, Eleventh Edition, 2008.

Ellis, George. "Control System Design Guide". Elsevier Academic Press, Third Edition, 2004.

Moudgalya, K. "Digital Control". First Edition, 2007.

Nise, N. S. "Control System Engineering". Fourth Edition, 2004.

Uso de las tecnologías de la información en el proceso de enseñanza en las carreras de ingeniería

M.C. Maestre Rendón Juan Rodolfo¹, M.C. Pérez Pasten Borja Alejandro², M.C. Saucedo Ugalde Ismaylia³, MC. Sapiens Pérez Alberth Josué⁴

Resumen— La tendencia de la educación en la actualidad es que a través del uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) sea posible tener un mayor aprovechamiento académico en el proceso de enseñanza aprendizaje, esto mediante el uso de las herramientas computacionales e informáticas, donde a través de estas utilerías se puedan activar las diferentes formas o capacidades cognitivas que utiliza el estudiante para su proceso de aprendizaje, las cuales son el visual, auditivo o el kinestésico, creando con ello procesos educativos integrales y holísticos, dialécticos, creativos y flexibles formas que se pretenden aplicar en los nuevos modelos educativos basados en competencias. Este planteamiento tiene como finalidad el uso de la tecnología como parte del proceso de educación para transferir el conocimiento de manera efectiva y con el uso de esta tecnología evaluar los resultados de una forma cuantitativa o cualitativa, específica y sencilla en los procesos de enseñanza aprendizaje del sector educativo. Esto debido a que las nuevas generaciones de la sociedad conservan de manera inherente las siguientes propiedades tecnológicas como lo son: la generalización del uso de las tecnologías, las redes de comunicación, el rápido desenvolvimiento tecnológico y científico, y la globalización de la información.

Palabras claves— TIC, Tecnologías de información, Proceso de enseñanza, ingeniería

Introducción

La educación es un sector elemental para el desarrollo cultural y económico de un país, anualmente se le asigna un presupuesto que se aplica para que la sociedad tenga una educación en todos sus niveles educativos, como lo son: preescolar, primaria, secundaria, bachillerato, profesional y posgrado; con el fin de desarrollar armónicamente todas las facultades intelectuales y morales en el ser humano, de tal forma que este avance es medible, por ejemplo: un universitario que culmina sus estudios, incrementa el índice de profesionistas, mejorando el desarrollo tecnológico del país y a su vez bajar el índice de analfabetismo, estos datos permiten ser cuantificados para tomar decisiones de planeación como proyecciones, pronósticos, entre otros. Para encausar eficientemente la política de asignación de recursos a los diversos niveles educativos o a actividades específicas de apoyo educativo, se requiere del análisis de la información relacionada en materia de educación con el fin de hacer la planeación para el paquete presupuestal anual, así como un estudio de la densidad demográfica del país que arroje el índice de crecimiento de la población, con el fin de dar una cobertura escolar eficiente y una calidad educativa. [1]

Para alcanzar la calidad educativa y establecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de una manera eficiente se tiene que conjuntar estas tres entidades que son las tecnologías de información, las teorías del aprendizaje y la teoría instruccional, y a través de esta sinergia se pueda producir el aprendizaje en el interior del ser humano de una manera eficaz para que pueda proceder a la realización de las tareas las cuales permitirán apoyar el aprendizaje de una manera fluida.

Y con ello conducir al educando para que tenga un sentido positivista y se encuentre en disposición para accionar su estado perceptivo de causa y efecto de la enseñanza, a su vez conserve un estado interpretativo donde intenta descubrir las facultades involucradas en esta acción y reacción del aprendizaje y mantenga un sentido crítico para que analice y asocie el conocimiento por impregnación.

Mediante el uso de las tecnologías de la información en el proceso educativo se facilitan de una manera favorable las siguientes características:

- Brindar material e información actualizada y pertinente.
- Guiar los aprendizajes de los educandos, de tal forma que se puede instruir mediante el uso de la tecnología de cómputo y de la información.
- Ejercitar habilidades, mediante el entrenamiento del educando en un campo, tema, concepto o en una destreza

¹ MC. Juan Rodolfo Maestre Rendón es Profesor de tiempo completo de la carrera de informática de la Universidad Politécnica de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa. maestre@iteso.mx (autor correspondiente)

² MC. Alejandro Pérez Pasten Borja es Director de carrera del programa académico de informática de la Universidad Politécnica de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa. aperez@upsin.edu.mx (autor correspondiente)

³ MC. Ismaylia Saucedo Ugalde es Profesora de tiempo completo de la carrera de informática de la Universidad Politécnica de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa. jsaucedo@upsin.edu.mx (autor correspondiente)

⁴ MC. Alberth Josué Sapiens Pérez es Profesor de tiempo completo de la carrera de mecatrónica de la Universidad Politécnica de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa. jsapiens@upsin.edu.mx (autor correspondiente)

específica.

- Motivar, despertar y mantener el interés en el educando en su proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Evaluar conocimientos y habilidades mediante el uso de herramientas de software que de una manera inmediata se puede generar una evaluación del conocimiento, con el fin de conocer la capacidad de solución o de desarrollo que conserva el educando.
- Ambientes situados mediante las simulaciones, donde es posible brindar entornos para la observación, exploración y experimentación.
- Proporcionar entornos para la exploración y la creación.

Y con las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) se puede llegar a tener una mayor capacidad de aprendizaje y de una manera significativa, un mayor desarrollo en las capacidades del educando, y aplicar un menor esfuerzo y tener una mayor capacidad y rapidez en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Descripción del Método

Metodología utilizada

Para la aplicación de las tecnologías de la información en el proceso educativo se utilizó software que realiza la simulación de circuitos lógicos, sensores y actuadores, lógica de programación y robótica. Esta propuesta fue aplicada a las materias formativas de las carreras de ingeniería con el uso de las TIC y de herramientas de cómputo. Donde la metodología de trabajo y solución consiste en las etapas de: Definición del Problema, Análisis, Modelado, Diseño, Evaluación, Desarrollo, Pruebas e Implementación, como se observa en la figura 1.



Figura 1. Metodología para la solución de un problema.

Como se podrá observar esta metodología contempla tres ciclos adyacentes en la capacidad de asociación y solución de un problema, primero se realiza por parte del facilitador un planteamiento hipotético de una escenario el cual sea lo más parecido a un problema real para activar con ello el sentido positivista del aprendiz a fin de que se pueda accionar su estado perceptivo e interpretativo de la situación y a través de esta acción se procede a la segunda etapa que es que el individuo genere una análisis de la situación y se sitúe en este entorno hipotético con el fin de que se involucre en este planteamiento del problema pero de una manera virtualmente situada, y con esta medida se pasa a la tercer etapa la cual es activar el estado interpretativo del educando el cual intentará descubrir o establecer los parámetros y elementos necesarios para proceder a dar una solución a este problema teniendo en cuenta su capacidad de análisis y reflexión con el fin de establecer los objetivos y parámetros necesarios para este proceso, generando así en el individuo un entorno globalizado y una necesidad de definición de los requerimientos y funciones requeridas necesarias para el desarrollo del diseño, el cual dará solución al sistema planteado.

Por parte del facilitador su metodología contempla dos ciclos, el primero define los requerimientos y especificaciones del diseño donde de forma inherente externa los módulos que tendrá el diseño mediante el planteamiento del problema, el segundo ciclo contempla la etapa de entrega del diseño, el cual depende de la validación y módulos de verificación que el educando deberá cumplir aunque puede ser complicado este planteamiento por el tiempo que esto puede llevar, por ello es importante y pertinente delimitar o acotar las necesidades y los requerimientos solicitados para no caer en un tiempo desmedido en el desarrollo y elaboración del sistema.

Desarrollo

Como se podrá observar esta metodología contempla tres ciclos adyacentes en la capacidad de asociación y solución de un problema, primero se realiza por parte del facilitador un planteamiento hipotético de una escenario el cual sea lo más parecido a un problema real para activar con ello el sentido positivista del aprendiz a fin de que se pueda accionar su estado perceptivo e interpretativo de la situación y a través de esta acción se procede a la segunda etapa que es que el individuo genere una análisis de la situación y se sitúe en este entorno hipotético con el fin de que se involucre en este planteamiento del problema pero de una manera virtualmente situada, y con esta medida se pasa a la tercer etapa la cual es activar el estado interpretativo del educando el cual intentará descubrir o establecer los parámetros y elementos necesarios para proceder a dar una solución a este problema teniendo en cuenta su capacidad de análisis y reflexión con el fin de establecer los objetivos y parámetros necesarios para este proceso, generando así en el individuo un entorno globalizado y una necesidad de definición de los requerimientos y funciones requeridas necesarias para el desarrollo del diseño, el cual dará solución al sistema planteado.

Por parte del facilitador su metodología contempla dos ciclos, el primero define los requerimientos y especificaciones del diseño donde de forma inherente externa los módulos que tendrá el diseño mediante el planteamiento del problema, el segundo ciclo contempla la etapa de entrega del diseño, el cual depende de la validación y módulos de verificación que el educando deberá cumplir aunque puede ser complicado este planteamiento por el tiempo que esto puede llevar, por ello es importante y pertinente delimitar o acotar las necesidades y los requerimientos solicitados para no caer en un tiempo desmedido en el desarrollo y elaboración del sistema.

Simulador digital

En la actualidad es importante contar con una herramienta que nos permita llevar a cabo una simulación del funcionamiento del circuito o diseño en el que estamos trabajando, como se ilustra en la figura 2 donde se muestra en la sección izquierda el circuito integrado físico de una compuerta and de dos entradas y en la sección derecha se puede observar el circuito lógico virtual de la misma compuerta.



Figura 2. Circuito lógico físico y circuito lógico simulado.

El software del simulador digital permite analizar el comportamiento de los circuitos digitales, así como simular la funcionalidad lógica de nuestro diseño, observando de manera visual las funciones y operaciones a realizar a partir de modelos y bloques lógicos.

La edición de circuitos es muy sencilla, los chips se seleccionan desde un menú de categorías de circuitos y luego se insertan en el protoboard virtual, los cables o alambres se dibujan trazando líneas con el ratón y los cables y chips pueden retirarse fácilmente utilizando los comandos específicos para este fin, como se puede observar en la figura 3.

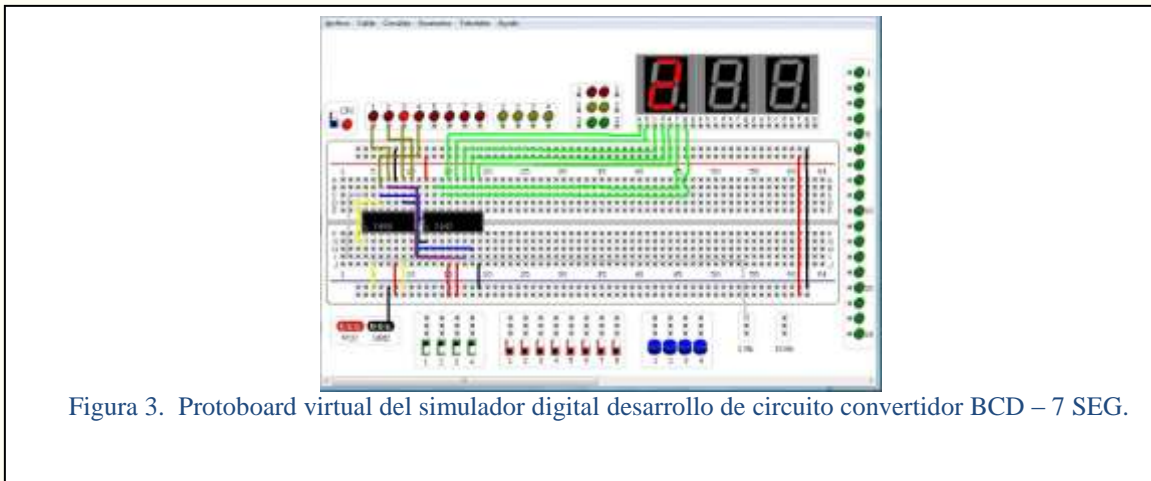


Figura 3. Protoboard virtual del simulador digital desarrollo de circuito convertidor BCD – 7 SEG.

Software de verificación funcional modelsim – vhdl

El diseño y desarrollo es considerado como uno de los campos de aplicación más prósperos de la industria de las ingenierías, debido a que es un área que integra conocimientos, experiencia, dedicación y capacidad de solución.

Es por ello que el desarrollo de hardware y software se encuentran íntimamente vinculado a través de las tecnologías de cómputo, generando una sinergia entre estas dos entidades (hardware-software).

Es por ello que las etapas de desarrollo de un proyecto y su diseño comprenden los siguientes puntos:

- Proceso de investigación.
- Bosquejo del proyecto a nivel de bloques funcionales.
- Búsqueda, evaluación y selección de los componentes eléctricos.
- Diseño del diagrama eléctrico de los módulos.
- Etapa de implementación y verificación de funcionalidad en prototipos.
- Proceso integración y desarrollo del proyecto.

El software de verificación funcional permite analizar el comportamiento y funcionalidad de las diferentes etapas de desarrollo de un diseño, donde es posible analizar al sistema de manera individual mediante bloques funcionales aislados o de manera integral o conjunta, para el proceso de verificación integral se requiere que previamente cada bloque aislado que conforma al diseño haya sido verificado de manera individual con el fin de que pueda realizarse de manera exitosa o depurable la prueba de verificación integral, a continuación se muestra una imagen de este proceso en la figura 4.

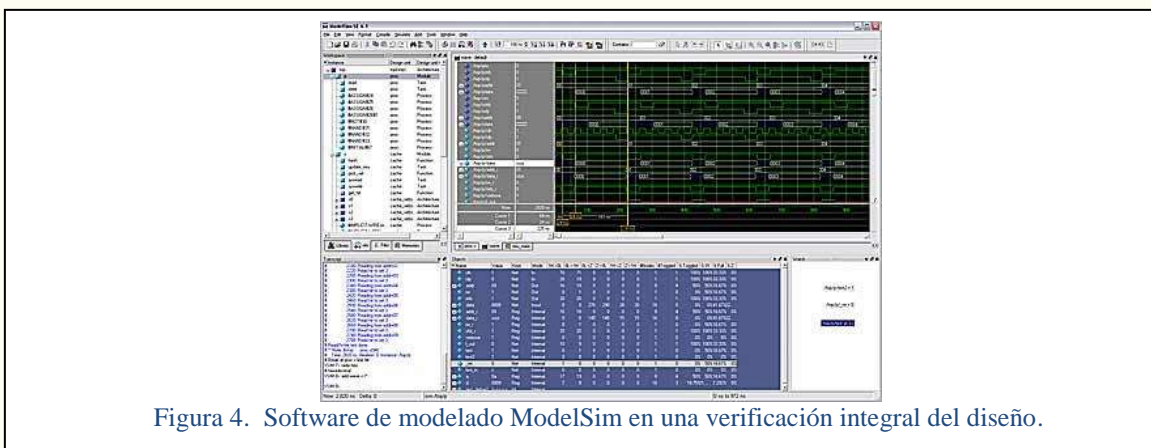


Figura 4. Software de modelado ModelSim en una verificación integral del diseño.

Sensores y actuadores, lógica de programación y robótica

Mediante el uso de las tecnologías de información es posible integrar de manera conjunta estos 3 tópicos (sensores y actuadores, lógica de programación y la robótica) de una manera práctica, funcional y sencilla hacia el estudiante, sin que el educando requiera tener unas bases amplias, dedicadas y estrictas en cada una de las áreas, debido a que en la actualidad existen

sistemas o aplicaciones que tienen desarrolladas completamente las funcionalidades de estos elementos y el usuario solamente requiere desarrollar la lógica funcional que configurará a estos elementos.

Para este punto existe un software el cual es el Lego Mindstorm NXT que tiene la facilidad y simplicidad de uso el cual trabaja a nivel de bloques funcionales, y donde se puede acceder a la configuración de cada uno de estos bloques en base a las necesidades o requerimientos del estudiante, y en conjunto con otros bloques anidados definen la funcionalidad del sistema o el movimiento definido del robot.

A continuación se ilustra la forma física del robot humanoide de Lego, el cual puede ser programado de una manera sencilla mediante el software de aplicación que viene con el elemento, aplicación que puede configurar a este humanoide sin la necesidad de tener grandes habilidades de programación, o un amplio conocimiento de elementos motrices asociado a una rigurosidad estricta matemática como lo conservan las aplicaciones de robótica en la actualidad, en la figura 5 se puede observar la rutina o código de programa del robot humanoide.

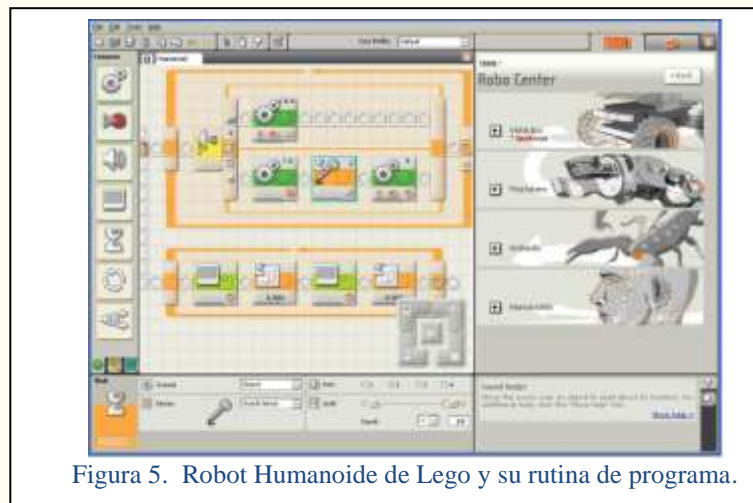


Figura 5. Robot Humanoide de Lego y su rutina de programa.

La siguiente ilustración muestra el robot humanoide de Lego Mindstorm el cual puede ser armado en su forma física con un grado de desarrollo no muy complejo y la rutina o código de programa del robot, como se observa en la figura 6.



Figura 5. Robot Humanoide de Lego.

Comentarios Finales

Conclusiones

El uso de las tecnologías de la información cubre con las necesidades del sector educativo en la formación de profesionistas con alto sentido de capacidad y desarrollo, que conserven habilidades específicas en ciertos campos de carácter tecnológico y mantengan competencias afines a su formación profesional, con el fin de que los programas académicos sean sustentables y puedan ofrecer una calidad educativa eficiente, eficaz y tecnológica al país, generando profesionistas con una formación integral basada en competencias en su área de estudio.

Referencias

- Rubén Alvaro González Benítez, Alma Delia Otero Escobar, Addy María Gómez, Memoria Innovación y Desarrollo Tecnológico con Responsabilidad Social, Editoriales FESI, ISBN: 978-607-95043-2-8
- Ronald J. Tocci, Neal S. Widmer, Gregory L. Moss, (2007), Sistemas digitales principios y aplicaciones (Decima edición), Pearson Prentice Hall
- Roger Tokheim, (2008), Electrónica digital (Septima edición), Mc Graw Hill
- Gabriela Nicolescu, Pieter J. Mosterman, (2000), Model-Based Design for Embedded Systems (Primera edición), CRC Press.
- Don Wilcher, (2008), LEGO MindStorms Interfacing, Mc Graw Hill
- Benjamin Erwin, Seymour Papert, (2001), Creative Projects with LEGO Mindstorms, Ed. Addison Wesley

Notas Biográficas

El **M.C. Juan Rodolfo Maestre Rendón**. Este autor es profesor de tiempo completo de la carrera de informática de la Universidad Politécnica de Sinaloa, en Mazatlán, Sinaloa, México. Terminó sus estudios de postgrado en ingeniería eléctrica con especialidad en Telecomunicaciones en el CINVESTAV del IPN en Guadalajara, Jalisco, México. Productos: Conmutador telefónico controlado por la PC, Tarjeta de sensores para la U.S. Navy, segundo lugar nacional en la expo proyectos en Zacatecas con "Adapter Battery". Publicaciones en International Congress of Electronic Engineering ELECTRO. Ha sido profesor universitario de las siguientes instituciones U de G (Universidad de Guadalajara), ITESO (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente), UNIVA (Universidad del Valle de Atemajac), UAG (Universidad Autónoma de Guadalajara), ITESM (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey), TecMilenio, UPSIN (Universidad Politécnica de Sinaloa).

El **M.C. Alejandro Perez Pastén Borja** es Director del programa académico de ingeniería en informática en la Universidad Politécnica de Sinaloa. Su trayectoria profesional fué de Jefe de informática en Telecomunicaciones de México, supervisor en Telecom.-New ICO Global Communications, Profesor de tiempo en la Universidad Politécnica de Tulancingo.

La **M.C. Ismaylia Saucedo Ugalde** es profesora de tiempo completo de la carrera de informática de la Universidad Politécnica de Sinaloa, en Mazatlán, Sinaloa.

El **M.C. Alberth Josué Sapiens Pérez** es profesor de tiempo completo de la carrera de mecatrónica de la Universidad Politécnica de Sinaloa, en Mazatlán, Sinaloa, México. Terminó sus estudios de postgrado en ingeniería eléctrica con especialidad en Control Automático en el CINVESTAV del IPN en Guadalajara, Jalisco, México. Publicaciones en Asian Journal of Control, Kybernetika, Proc. IASTED International Conference on Control and Applications e International Congress of Electronic Engineering ELECTRO.

Modelado por Método de Elemento Finito de un Canal Parabólico

M en C. Francisco D. Calvo López¹, Dr. Eduardo Lebano Pérez²

Resumen—El análisis mediante elemento finitos (FEA) viene aplicándose en la literatura al estudio de sistemas mecánico desde 1943 con un enfoque puramente matemático no fue hasta 1965 que la demanda de la NASA repercutió en el desarrollo del software de elementos finitos NASTRAN en 1965, pero su aplicación en sistemas 3D es reciente. En nuestro trabajo hemos realizado un modelo de un Canal Parabólico mediante FEM. Se ha estudiado el efecto de las cargas del viento a 10 km/h y a 60 km/h sobre los paneles del canal parabólico, se han comparado los desplazamientos y deformaciones en la dirección en la que actúa el viento, así como las tensiones de von Mises para el canal. Podemos afirmar que el análisis mediante elemento finitos nos permite comprobar que el sistema que soporta los paneles es capaz de resistir los embates de ambas velocidades del viento con el mínimo de desplazamiento y deformaciones permisibles, para el correcto funcionamiento del canal, en este trabajo solo se presentara el análisis del efecto de la velocidad de 10 km/h para determinar la carga del viento sobre los paneles.

Palabra claves—Canal, parabólica, elemento, finito, viento.

Introducción

En el presente artículo se presenta el análisis por el método de elemento finito de un Canal Parabólico para la captación de energía solar, para generar energía eléctrica limpia, existían muchas dificultades para determinar las cargas del viento y el momento de torsión al cual estaría sometida la estructura, pues en la literatura la mayoría de los autores se basan para determinar estas cargas en los análisis de edificios y viviendas, también en algunos análisis que existen para determinar dicha carga de viento en antenas parabólicas. Originalmente se realizaron los cálculos de cargas del viento en el canal utilizando el método para edificios. Posteriormente se utilizó el método de elemento finito en especial el de Flow Simulation de SolidWorks 2009.

En 1907 se presentó la primera patente en Alemania de un diseño sobre Colectores Parabólicos por Dr. Wilhelm Mair y Adolf Remshardt, pero no fue hasta 1912 en África (Maadi, Egipto) que se comenzó a instalar la primera planta por Shumann y su equipo de trabajo, Inaugurándose en 1913, la misma fue cerrada en 1915 debido a la primera guerra mundial. Retomándose el interés por este tipo de tecnología en el año 1970, debido a la crisis del petróleo.

Hoy en día España es uno de los países que ha apostado por este tipo de tecnología ejemplo de ello es el Colector Eurotrough.

Descripción del Método

Primer Método de Solución

El mismo se basó en los cálculos matemáticos utilizados para la determinación de dicha carga en edificios. Basándose en las normas técnicas para Diseño por Viento en el Distrito federal de México del año 2003 y en las normas NSR-98 de Colombia, cabe aclarar que las mismas son para edificaciones.

El cual se basa en analizar el área expuesta. A partir de ahí conociendo la velocidad del viento se puede determinar la presión dinámica del viento y la carga del mismo en el elemento analizado.

Superficie expuesta al viento (m^2)

$$A_w = a * b \quad 1$$

Carga del viento (N)

$$F = q * C_p * A_w \quad 2$$

Presión dinámica del viento (Nm^{-2})

$$q = 0.625 * S_4 * v^2 \quad 3$$

Donde: a , es el ancho del canal, b , el alto del canal, v , es la velocidad del viento (m/s), S_4 , es el coeficiente que considera la variación de la densidad del aire con la altura sobre el nivel del mar, C_p , es el coeficiente local de presión que depende de la estructura.

El ancho del canal es de $3.66m$, el alto de $3.2m$ y la velocidad promedio del aire en la zona es de $1.6 m/s$, pero para el análisis se usó una velocidad mayor en este caso de $2.77 m/s$.

Obteniendo los siguientes resultados:

$$A_w = 3.66 * 3.2 = 11.712m^2$$

$$q = 0.625 * 0.73 * 2.77^2 = 3.5 N/m^2$$

$$F = 3.5 * 0.8 * 11.712 = 32.8N$$

M en C. Francisco D. Calvo López es Profesor de Mecatrónica en la UPAEP, Puebla, México. franciscodomingo.calvo@upaep.mx (autor correspondiente)

² Dr. Eduardo Lebano Pérez es Profesora de Manufactura en la UPAEP, Puebla, México eduardo.lebano@upaep.mx

Segundo Método de Solución

El mismo se basó en el análisis de elemento finito, utilizando la herramienta de Flow Simulation de SolidWorks. A partir del diseño del Canal Parabólico elaborado en SolidWorks y utilizando como variable de entrada la velocidad del aire, se analizó la fuerza que ejerce el viento sobre los paneles que conforman el Canal Parabólico en la figura 1 se muestra el ensamble del canal parabólico.

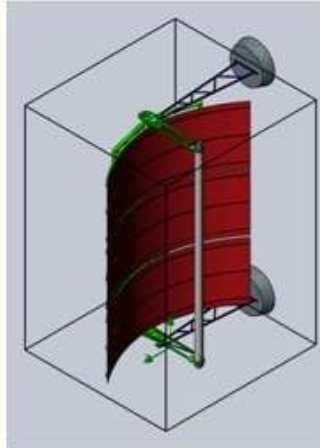


Figura 1. Canal Parabólico.

El objetivo es determinar la fuerza que se ejerce en los paneles debido a la velocidad del viento.

El paso 1 fue crear un proyecto de Flow Simulation, se coloca el nombre del proyecto en este caso se llamó Canal, como se puede apreciar en la figura 2.



Figura 2. Nombre del proyecto.

Paso 2 es introducir los datos iniciales o ajustes, como tipo de análisis, que en este caso es externo, tipo de fluido aire, condiciones de la pared la rugosidad la cual es de $0.9\mu\text{m}$, la condición ambiental inicial $v = -10\text{km/h}$ en dirección X, Temperatura 25 C, presión atmosférica 101325 Pa como se muestra en la figura 3.

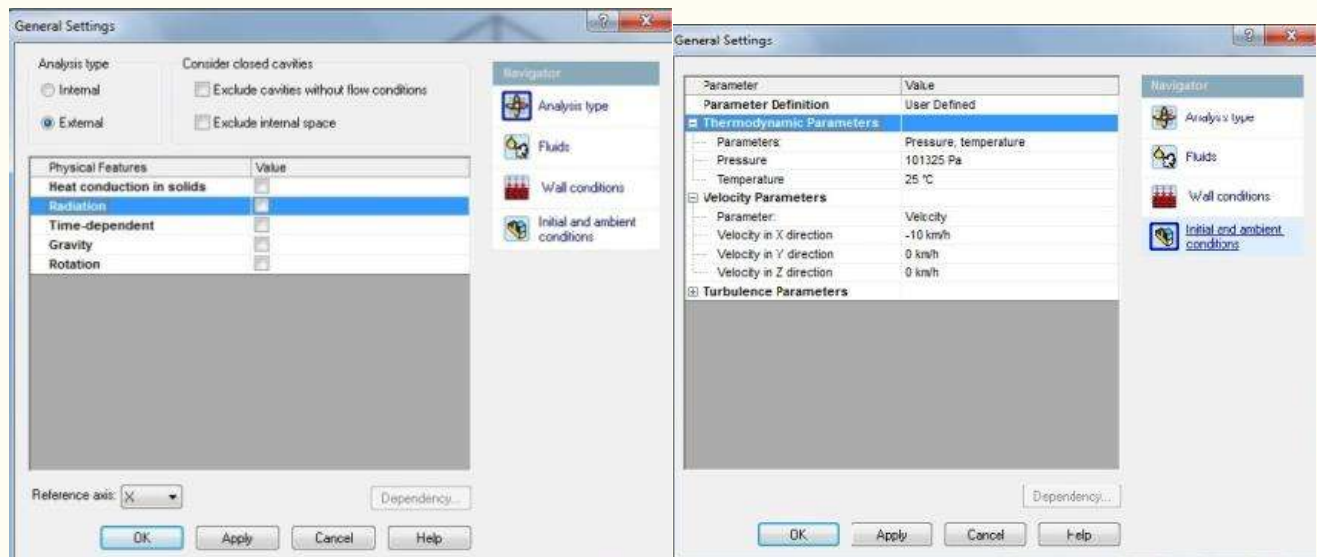


Figura 3. Condiciones generales. Paso 3 crear el dominio, $X_{\min} = -1.5m$, $X_{\max} = 1.5m$, $Y_{\min} = 0$, $Y_{\max} = 4.5m$, $Z_{\min} = -1.6m$, $Z_{\max} = 2$.

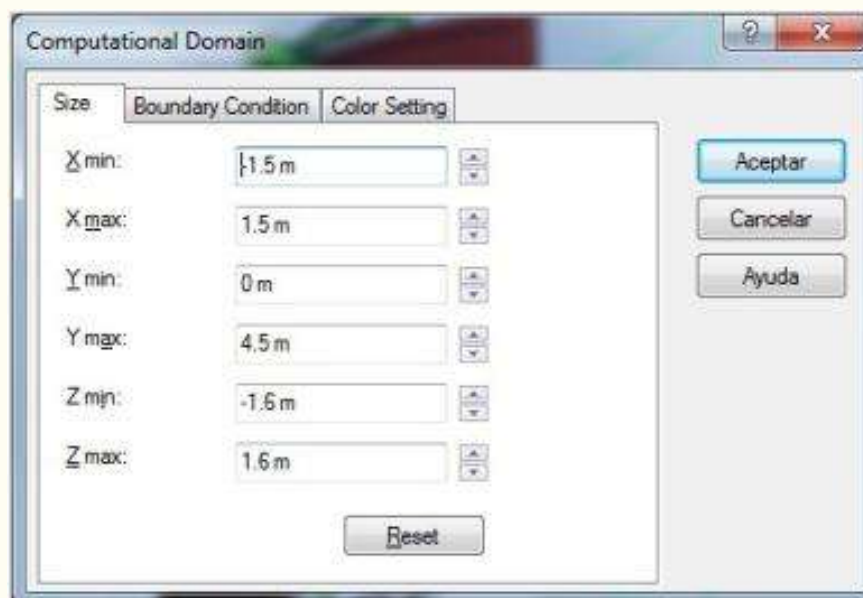


Figura 4. Dominio computacional.

Paso 5 se corre el análisis.

Paso 6 se configura las trayectorias de flujos que impactan la superficie de la parábola, como se aprecia en la figura 6.

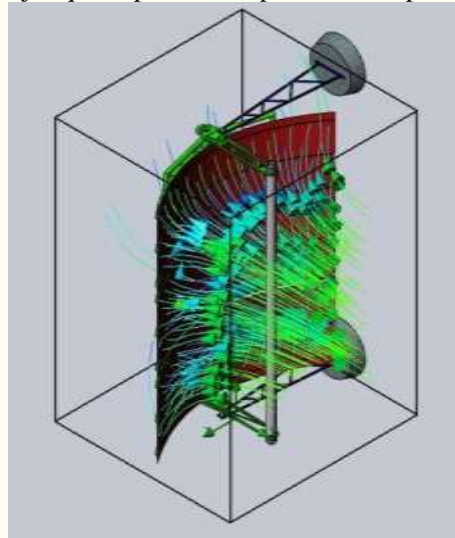


Figura 6. Trayectoria del flujo.

Paso 7 se seleccionan las metas que se quieren obtener, figura 7.

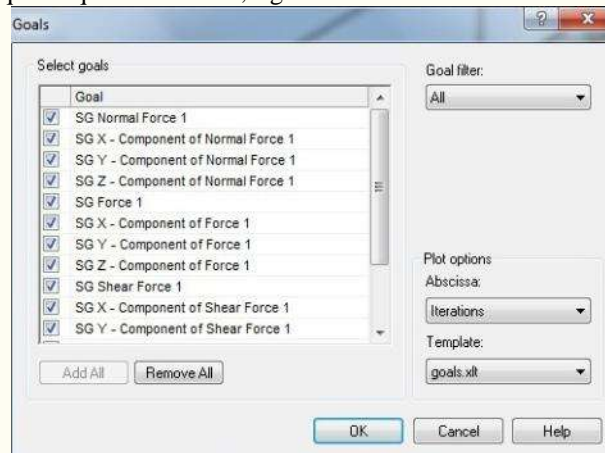


Figura 7. Selección de metas.

Paso 8 se presentan los resultados o metas obtenidos, como se puede apreciar en el cuadro 1 dando como resultado una fuerza de $24.29N$, siendo el máximo valor en el eje X con dirección negativa debido a la posición del canal parabólico y la dirección del viento.

Comparación con los resultados obtenido en el primer método para edificios veremos que la diferencia es de $8.53N$, recordando que para el método 1 se analiza como si tuviéramos una pared recta donde actúa directamente el viento, sin considerar la separación que existe entre los paneles que conforman el canal, dicha separación entre cada panel es de $30.22mm$, al ser dos aberturas entre los tres paneles nos da una suma de $60.44mm$, por la cual el aire pasa sin provocar fuerza sobre el canal. También hay que considerar que la forma del canal como su nombre lo indica es parabólica.

Comentarios Finales

Como conclusiones podemos escribir, que el objetivo de este trabajo era determinar la fuerza que ejerce el viento a $2.77m/s$ sobre los paneles del Canal Parabólico, utilizando dos métodos, debido a que el primer método era aproximado analizamos el comportamiento del canal como una pared con un ancho de $3.66m$ y alto de $3.2m$ sin considerar la separación que existe entre el canal del medio y los canales laterales que como se dijo anteriormente es de $0.06044m$, al igual que su forma parabólica.

Por tal motivo para los trabajos que se realizaron posteriormente para ver el esfuerzo de von Mises y el desplazamiento que sufre el canal se tomo la fuerza obtenida en el análisis de elemento finito que se obtuvo con el método de Flow Simulation de SolidWorks.

Aunque en este trabajo no se presenta también se hicieron los análisis para una velocidad critica del viento de $16.66m/s$, ya que el siguiente objetivo del proyecto de diseño de Canal Parabólico es saber los desplazamientos que sufre el mismo con las cargas de vientos antes mencionadas.

El trabajo con herramientas del programa Cosmos/Floworks o Flow Simulation brinda la facilidad de realizar análisis complejos en el área de la ingeniería así como optimizar resultados, que por otros métodos no son del todo confiables.

Ensamble general.SLDASM

[Canal]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]
SG Normal Force 1	[N]	24.2902766	24.27846443	24.20156997	24.31146927	100
SG X - Component of Normal Force 1	[N]	-24.26558548	-24.25456849	-24.28725741	-24.17866467	100
SG Y - Component of Normal Force 1	[N]	-0.00767159	-0.007714391	-0.00784745	-0.007662737	100
SG Z - Component of Normal Force 1	[N]	-1.094915428	-1.076826459	-1.094915428	-1.052664287	100
SG Force 1	[N]	24.29255554	24.28097861	24.20383307	24.31406384	100
SG X - Component of Force 1	[N]	-24.26774295	-24.25695578	-24.28971793	-24.18083103	100
SG Y - Component of Force 1	[N]	-0.049547931	-0.050950979	-0.052801935	-0.049547931	100
SG Z - Component of Force 1	[N]	-1.096563476	-1.078562852	-1.096563476	-1.053774388	100
SG Shear Force 1	[N]	0.041964256	0.043346187	0.041964256	0.045155525	100
SG X - Component of Shear Force 1	[N]	-0.002157477	-0.002387295	-0.002906382	-0.001942982	100
SG Y - Component of Shear Force 1	[N]	-0.041876342	-0.043236589	-0.045003431	-0.041876342	100
SG Z - Component of Shear Force 1	[N]	-0.001648048	-0.001736393	-0.002949108	0.000243102	100
SG X - Component of Torque 1	[N*m]	-1.145347289	-1.130806944	-1.145347289	-1.112428783	100
SG Y - Component of Torque 1	[N*m]	-3.924502009	-3.96099182	-3.998979926	-3.924502009	100
SG Z - Component of Torque 1	[N*m]	26.32819507	26.31352902	26.23606204	26.35588817	100

Iterations: 55

Analysis interval: 21

Cuadro 1. Resultados de las fuerzas y el momento de torsión.

Referencias

Martínez, L., J. Yenque y H. Contreras. "Análisis de flujo a través de una válvula de bola: Usando Cosmos/Floworks 2001," *Revista Industrial Data* (en línea), Vol. 6, No. 1, 2003, consultada por Internet el 28 de junio del 2010. Dirección de internet: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php>.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. "NSR-98 Normas Colombianas de diseño y Construcción Sismo Resistente," 17 de Abril de 2005.

CosmosFlow. "Flow Simulation," *SolidWorks*, 2007.

Notas Biográficas

El **M en C. Francisco D. Calvo López** es profesor investigador de la Facultad de Mecatrónica de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, en la ciudad de Puebla, Puebla, México. Terminó sus estudios de postgrado en el instituto Politécnico de Kazajistán, Alma Ata, Kazajistán. Ha publicado artículos en las revistas Ciencia y Tecnología, en múltiples congresos incluyendo los de la asociación de Ingenieros Mecánicos Iberoamericanos, Imparte los cursos de diseño mecánico y elemento finito en la facultad de mecatrónica de la UPAEP.

El Dr. Eduardo Lebano Pérez es profesor investigador de la Facultad de Ingeniería en Manufactura de Autopartes e Ingeniería en Diseño Automotriz en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, en la Ciudad de Puebla, Puebla, México. Terminó sus estudios de posgrado en la Universidad de Popular Autónoma del Estado de Puebla. Ha publicado artículos en el Congreso de Ingenieros Mecánicos Iberoamericanos. Imparte cursos de Manufactura en la facultad de Ingeniería en Manufactura de Autopartes.

Estudio Numérico de la dinámica de Fluidos en Canales con Entradas en Expansión de Flujo Secundario

Dr. Guillermo Efrén Ovando Chacón¹, Dra. Sandy Luz Ovando Chacón², Dr. Juan Carlos Prince Avelino³ y Dr. Alberto Servin Martínez⁴

Resumen—En esta investigación se presenta la simulación de la transferencia de calor y la dinámica de fluido en estado permanente de un flujo bidimensional en el interior de un canal con una entrada de flujo principal y dos entradas con expansión de flujo secundario para $Re=3124$. La salida del fluido es en la parte inferior y está delimitada por una placa en la parte central. El análisis se hizo para tres diferentes posiciones de la entrada lateral. Las ecuaciones de conservación se resolvieron con el método de elemento finito y se paralelizó la subrutina que resuelve el problema de onda para reducir el tiempo de simulación. Se estudiaron los campos de temperatura, velocidad y presión y las líneas de corriente. Las simulaciones numéricas indican que es posible controlar la dinámica y formación de vórtices en el canal mediante la variación del chorro secundario.

Palabras claves—Estudio numérico, Dinámica de fluidos Computacionales, Elemento finito, Vórtices.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la dinámica de fluidos en el interior de cavidades ha sido el tema de una serie de estudios debido a que están presentes en muchas situaciones prácticas y en procesos naturales.

Arruda et al. (2006) analizaron las oscilaciones del flujo en el interior de una cavidad generadas por un flujo secundario. El análisis consistió en inyectar un chorro secundario con menor flujo másico en la corriente cruzada del chorro principal. El modelo utilizado se desarrolló en el código comercial de dinámica de fluidos computacionales Fluent. Lawson et al. (2001) estudiaron las oscilaciones auto sostenidas de un chorro sumergido en una cavidad rectangular delgada. Ellos realizaron mediciones y simulaciones numéricas usando una geometría que representaba un modelo a escala de un molde típico para la colada de una barra de acero delgada. Para iniciar los cálculos se aplicó una perturbación lateral en la velocidad de entrada. La simulación numérica se realizó usando el código comercial CFX4 basado en el método de volumen finito con una malla no uniforme con incremento en la densidad de la malla cerca de la boquilla de entrada. La corrección de la presión se logró usando el algoritmo SIMPLEC. Chiang et al. (1999) realizaron simulaciones numéricas de la evolución de vórtices en el flujo de un canal con escalón en expansión para un rango de números de Reynolds de 50-2500. Ellos realizaron un estudio paramétrico variando el número de Reynolds para determinar el número crítico en el cual la longitud de reencuentro en el piso del canal decrece. En este trabajo se consideró en flujo Newtoniano incompresible y se resolvieron las ecuaciones de Navier-Stokes usando el método de volumen finito en una malla corrida. Martínez et al. (2007) simuló el flujo viscoso incompresible bidimensional, usando un método espectral de colocación, en una cavidad y en un canal con escalón. Ellos formularon las ecuaciones de Navier-Stokes en variables primitivas, usando un esquema de integración temporal explícita implícita de segundo orden y aplicando el método de proyección para desacoplar las ecuaciones de Navier-Stokes. Las simulaciones numéricas se realizaron para números de Reynolds de hasta 875 y se obtuvieron los valores característicos de los puntos de separación y reencuentro, así como las longitudes de las regiones de circulación y se graficaron los perfiles de velocidad como función de la posición y el número de Reynolds. Barbosa et al. (2007) estudiaron numéricamente la estructura del flujo en el interior de un canal horizontal con

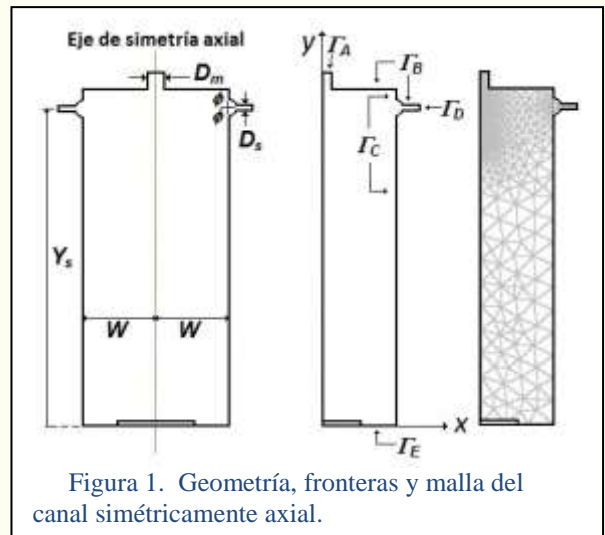


Figura 1. Geometría, fronteras y malla del canal simétricamente axial.

¹ El Dr. Guillermo Efrén Ovando Chacón es Profesor Investigador del Depto. de Metal Mecánica y Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz, México. ovachag@hotmail.com (autor correspondiente)

² La Dra. Sandy Luz Ovando Chacón es Profesora Investigadora del Depto. de Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutierrez, México. ovansandy@hotmail.com

³ El Dr. Juan Carlos Prince Avelino es Profesor Investigador del Depto. de Metal Mecánica y Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz, México. jcpa@itver.edu.mx

⁴ El Dr. Alberto Servin Martínez es Profesor Investigador del Depto. de Metal Mecánica y Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz, México. alservinm@gmail.com

expansión. Ellos utilizaron un código numérico basado en volumen finito y utilizaron el algoritmo SIMPLE para acoplar la distribución de la presión con el campo de velocidades. Sus simulaciones permitieron analizar los líneas de reencuentro, las líneas de separación así como los perfiles de velocidad, esfuerzos cortantes y contornos de presión para un rango de números de Reynolds de 200-800. El objetivo del presente trabajo es estudiar la dinámica del flujo en el interior de un canal debido a la interacción entre un chorro principal y un chorro secundario en expansión para diferentes posiciones sobre la pared vertical.

MODELO FÍSICO Y MATEMÁTICO

En este trabajo se presentan simulaciones numéricas bidimensionales de un canal simétricamente axial con dos entradas de flujo, en la parte superior se inyecta un flujo principal dirigido hacia abajo y en la parte lateral se inyecta un flujo secundario horizontal en expansión ($\phi=45^\circ$, ver Figura 1). El diámetro y la velocidad de entrada del chorro principal se denota por D_m y U_m , respectivamente. El diámetro y la velocidad de entrada del chorro secundario se denota por D_s y U_s , respectivamente. En todas las paredes sólidas se establecieron condiciones de fronteras de no deslizamiento. El número de Reynolds, basado en la velocidad del chorro principal (U_m) y en el ancho ($2W$) del canal, estudiado en esta investigación fue de $Re=3124$. En el análisis se consideró una relación de diámetros de entrada de los chorros principal y secundarios de $D_m/D_s=1.4$ y una relación de velocidades de entrada de los flujos principal y secundario de $U_m/U_s=2$. La entrada del chorro secundario se colocó en tres diferentes posiciones $Y_s=0.555, 0.425, 0.196m$. Debido a la simetría del canal únicamente se simuló la mitad del dominio computacional imponiéndose condiciones de salida de flujo en la frontera inferior del dominio. La parte superior de las paredes del canal se consideraron aisladas, mientras los conductos de entrada principal y secundaria también se consideraron adiabáticas, por otra parte en la frontera vertical derecha se impuso un flujo de calor por convección. La temperatura del chorro principal fue de $T_m=303.15 K$ y la temperatura del chorro secundario de fue de $T_s=333.15 K$. La región seleccionada Ω del flujo para las simulaciones numéricas es la de un canal en dos dimensiones, donde la dinámica de flujo, la transferencia de calor y la interacción entre los chorros principal y secundario se analizaron. Las ecuaciones de conservación que describen este problema para un flujo incompresible en estado permanente son la ecuación de cantidad de movimiento, la ecuación de continuidad y la ecuación de energía:

$$-\nu \Delta \vec{u} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} + \frac{1}{\rho} \nabla p = \vec{f} \text{ en } \Omega, \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{u} = 0 \text{ en } \Omega, \quad (2)$$

$$\nabla \cdot (-k \nabla T) + \rho c_p \vec{u} \cdot \nabla T = Q \text{ en } \Omega, \quad (3)$$

que donde $\vec{u} = (u_1, u_2)$ es el vector de velocidad, siendo u_1 y u_2 las componentes de velocidad transversal y axial respectivamente; ν es la viscosidad cinemática, p es la presión, k es la conductividad térmica, c_p es el calor específico, Q es el flujo de calor por unidad de volumen y T es la temperatura. En el modelo se utilizó la aproximación de Boussinesq, dicha aproximación puede escribirse de la siguiente manera:

$$\vec{f} = g\beta T \hat{j}, \quad (4)$$

donde g es la gravedad, β es el coeficiente de compresibilidad y \hat{j} es un vector unitario en la dirección de la fuerza de gravedad. Las condiciones de frontera de la velocidad en el canal están dadas por:

$$\begin{aligned} u_1 &= 0, & u_2 &= -U_m, & \text{para } \Gamma_A, \\ u_1 &= 0, & u_2 &= 0, & \text{para } \Gamma_B, \\ u_1 &= -U_s, & u_2 &= 0, & \text{para } \Gamma_C, \\ u_1 &= 0, & u_2 &= 0, & \text{para } \Gamma_D, \\ u_1 &= 0, & \frac{\partial u_2}{\partial y} &= 0, & \text{para } \Gamma_E, \end{aligned} \quad (9)$$

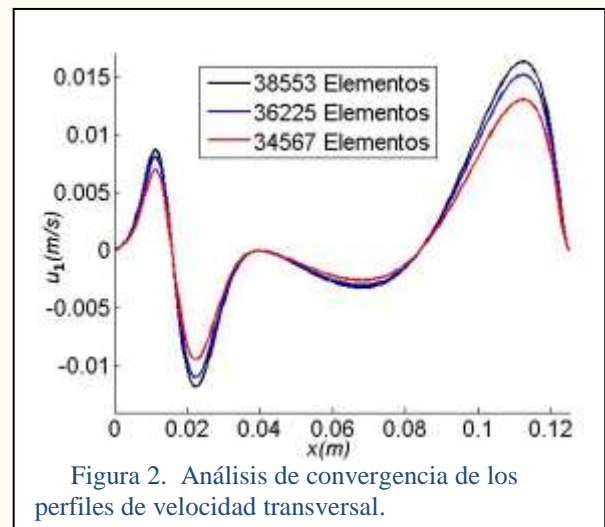


Figura 2. Análisis de convergencia de los perfiles de velocidad transversal.

Las condiciones de frontera de la temperatura están dadas por:

$$\begin{aligned} T &= T_m, & \text{para } \Gamma_A, \\ \frac{\partial T}{\partial n} &= 0, & \text{para } \Gamma_B, \\ T &= h(T - T_\infty), & \text{para } \Gamma_C, \\ T &= T_s, & \text{para } \Gamma_D, \\ \frac{\partial T}{\partial n} &= 0, & \text{para } \Gamma_E, \end{aligned} \quad (10)$$

donde $h=0.05 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ y $T_\infty=303.5 \text{ K}$.

MÉTODO NUMÉRICO

La simulación numérica se llevó a cabo usando el método de elemento finito, con este fin, se introdujo el paso de discretización espacial h , la triangulación de los elementos finitos τ_h del dominio poligonal $\bar{\Omega}$, el espacio de polinomios P_1 en dos variables de grado menor o igual a uno, y el espacio de las funciones continuas $C^0(\bar{\Omega})$ definida en $\bar{\Omega}$. Los espacios funcionales se aproximaron mediante los siguientes espacios dimensionales finitos:

$$\begin{aligned} L_{0h} &= \left\{ q_h \in L_h \mid \int_{\Omega} q_h d\vec{X} = 0 \right\} \\ &\text{con} \\ L_h &= \{ q_h \mid q_h \in C^0(\bar{\Omega}), q_h|_{\tau} \in P_1, \forall \tau \in \tau_h \}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} V_{0h} &= \left\{ \vec{v}_h \in V_h \mid \int_{\Omega} \vec{v}_h = 0 \text{ sobre } \Gamma_1 \right\} \\ &\text{con} \\ V_h &= \{ \vec{v}_h \mid \vec{v}_h \in C^0(\bar{\Omega})^2, \vec{v}_h|_{\tau} \in P_1 \times P_1, \forall \tau \in \tau_{h/2} \}, \end{aligned} \quad (12)$$

y

$$\begin{aligned} W_{0h} &= \{ \theta_h \in W_h \mid \theta_h = 0 \text{ sobre } \Gamma_3 \} \\ &\text{con} \\ W_h &= \{ \theta_h \mid \theta_h \in C(\bar{\Omega}), \theta_h|_{\tau} \in P_1, \forall \tau \in \tau_{h/2} \}, \end{aligned} \quad (13)$$

usando los espacios dimensionales finitos anteriores se obtuvieron las siguientes aproximaciones de ecuaciones de conservación (1-3) en su forma variacional, información detallada se puede encontrar en la literatura (Chorin 1973, Glowinski et al. 1992, Turek 1999, Marechuk 1990, Glowinski 2003 y Glowinski 1989). Con esta transformación el procedimiento de solución consiste en hallar $\vec{u}_h(t) \in V_h$ con $\vec{u}_h(t) = \vec{g}_{1h}(t)$ sobre Γ_1 , $p_h(t) \in L_h$ y $T_h(t) \in W_h$ con $T_h(t) = g_{3h}(t)$ sobre Γ_3 , de tal manera que:

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} [(\vec{u}_h \cdot \nabla) \vec{u}_h \cdot \vec{v}] d\vec{X} + \oint_{\Omega} \nabla \vec{u}_h : \nabla \vec{v} d\vec{X} - \int_{\Omega} p_h \nabla \cdot \vec{v} d\vec{X} \\ = \int_{\Omega} \vec{f} \cdot \vec{v} d\vec{X} \quad \forall \vec{v} \in V_{0h}, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\int_{\Omega} q \nabla \cdot \vec{u}_h d\vec{X} = 0, \quad \forall q \in L_{0h}, \quad (15)$$

$$\int_{\Omega} [\rho C_p (\vec{u}_h \cdot \nabla) T_h \cdot \theta] d\vec{X} + k \int_{\Omega} \nabla T_h : \nabla \theta d\vec{X} = \int_{\Omega} Q \theta d\vec{X} \quad \forall \theta \in W_{0h}. \quad (16)$$

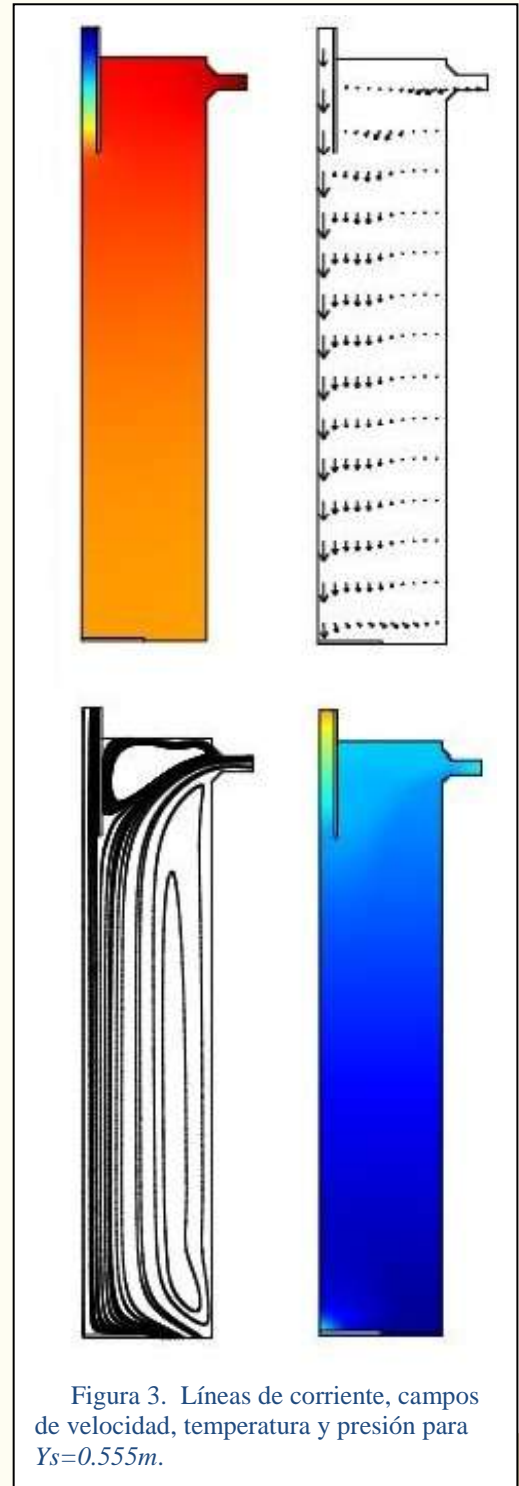


Figura 3. Líneas de corriente, campos de velocidad, temperatura y presión para $Y_s=0.555m$.

Por otro lado, Γ_1 y Γ_3 son las fronteras Dirichlet de velocidad y temperatura, respectivamente; \vec{g}_{1h} y \vec{g}_{3h} son las aproximaciones de elemento finito de las funciones de frontera de la velocidad y la temperatura para \vec{g}_1 y \vec{g}_3 , respectivamente.

Las simulaciones para todos los casos se realizaron con mallas adaptivas en las regiones de entrada de los flujos. La Figura 2, muestra el análisis de convergencia mediante los perfiles de velocidad transversal como función de la coordenada transversal x para tres diferentes tamaños de malla: 18235, 17995 y 17450 elementos. El código numérico se desarrolló en Fortran 90 y se paralelizó el resolutor del problema de onda para reducir el tiempo de la simulación. La validación del código numérico se hizo considerando un canal con un escalón en expansión para el cual se calcularon los puntos de reencuentro los cuales coincidieron con una diferencia menor al 5% con los resultados presentados por Armaly et al. 1983. Obteniéndose para $Re=100$ un punto de reencuentro en 2.82 (Ovando *et al.*) y 2.95 (Armaly et al. 1983) y para $Re=600$ se obtuvieron valores de 10.48 (Ovando *et al.*) y 11.0 (Armaly et al. 1983).

RESULTADOS

En la Figura 3 se muestra el campo de temperatura, el campo de velocidad, las líneas de corriente y el campo de presión de un fluido en el interior de un canal con un chorro principal en la parte superior y un chorro secundario con expansión en la parte lateral localizado a una distancia $Y_s=0.555m$ con una relación de velocidades de entrada de los chorros principal y secundario de $U_m/U_s=2$. Para esta configuración se observó la formación de un vórtice de gran intensidad en la parte superior del canal, el cual gira en sentido horario. La formación de este vórtice se debe a la interacción del chorro secundario horizontal con la pared de la entrada sumergida del chorro principal, el chorro secundario sale horizontalmente y a medida que avanza su componente vertical hacia abajo se incrementa, sin embargo debido a la perturbación provocada por el choque contra la pared se genera una recirculación del fluido y parte de este se proyecta hacia la parte superior debido al desprendimiento de la capa limite. El vórtice aumenta su tamaño cerca de la pared de la entrada del chorro principal y se vuelve más delgado cerca de la entrada del chorro secundario donde se presentan altos gradientes de velocidad. Cuando el chorro secundario sale de su conducto y se inyecta al fluido del canal experimenta un gran cambio en la sección transversal provocando zonas de recirculación arriba y debajo de la corriente del chorro secundario, los elementos de fluido localizados en la parte superior de la corriente secundaria tienden a provocar un giro en sentido horario, mientras que los elementos de fluido localizados en la parte inferior de la corriente secundaria tienden a provocar un giro anti horario el cual se ve perturbado por la fuerte corriente del chorro principal. Debajo de la entrada secundaria en expansión el comportamiento del fluido es más uniforme observándose en el centro del canal una corriente que se mueve hacia abajo y una corriente débil que asciende cerca de la pared vertical. El flujo principal se inyectó a temperatura ambiente mientras el flujo secundario se inyectó a una mayor temperatura, observándose que el mezclado de los dos chorros provoca zonas caracterizadas por diferentes temperaturas. En la parte superior del canal se distingue una zona caliente a una temperatura promedio de 330K, debajo de la salida sumergida del chorro primario la temperatura del fluido es de 327K, mientras en la parte inferior el fluido sale a una temperatura de 324K. Lo anterior implica que los efectos convectivos dominan a los efectos fluido dinámicos de los chorros debido a que el fluido caliente se mantiene arriba y el fluido frío permanece abajo. El campo de presión indica que cerca de las entradas de los chorros principales y secundarios la presión es más alta y se va reduciendo hacia la salida del canal.

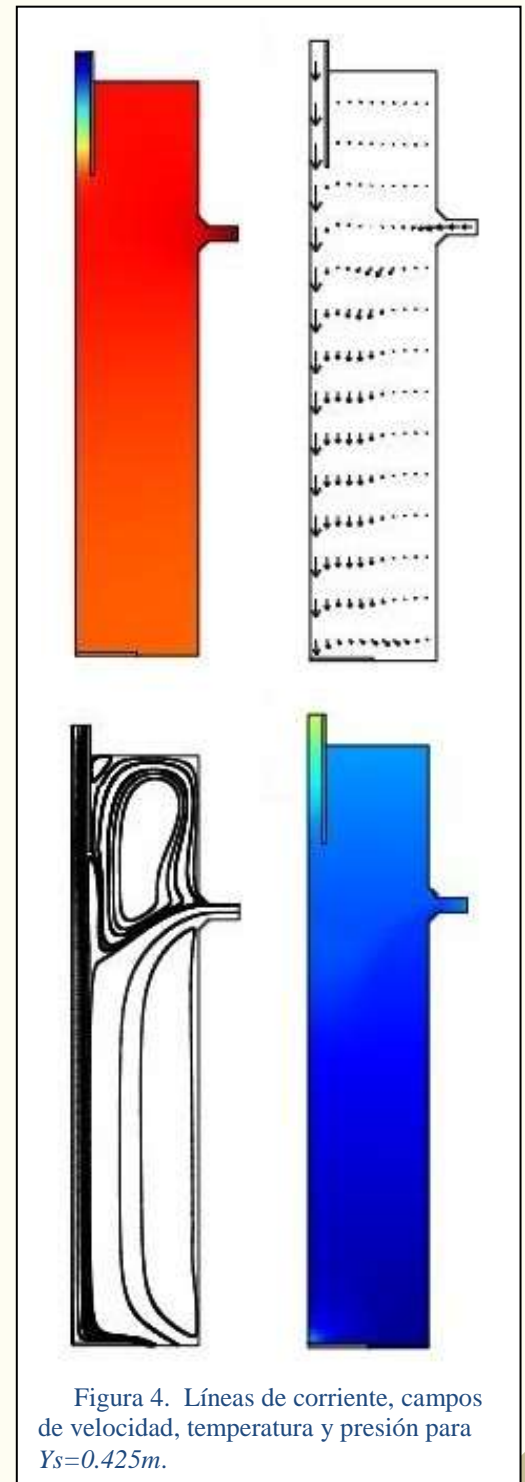


Figura 4. Líneas de corriente, campos de velocidad, temperatura y presión para $Y_s=0.425m$.

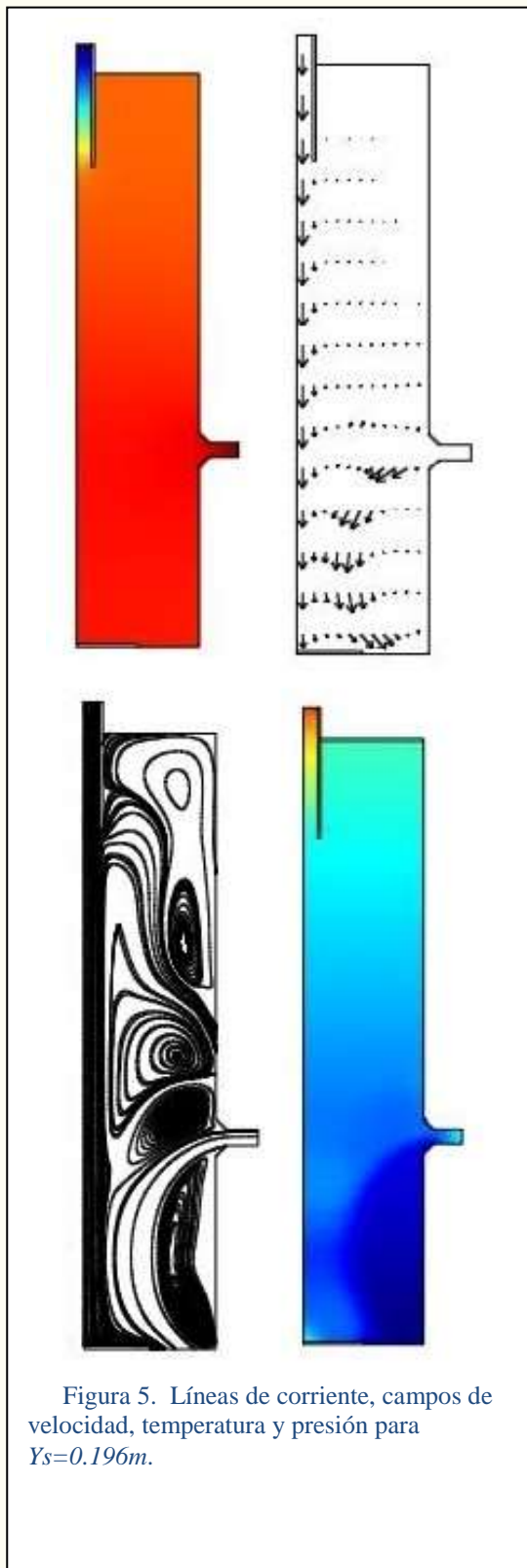


Figura 5. Líneas de corriente, campos de velocidad, temperatura y presión para $Y_s=0.196m$.

La Figura 4 muestra el campo de temperatura, el campo de velocidad, las líneas de corriente y el campo de presión de un fluido en el interior de un canal con un chorro principal en la parte superior y un chorro secundario con expansión en la parte lateral localizado a una distancia $Y_s=0.425m$ con una relación de velocidades de entrada de los chorros principal y secundario de $U_m/U_s=2$. Para esta configuración se observa la formación de un vórtice grande en sentido horario arriba de la entrada del chorro secundario el cual ocupa gran parte del semi ancho del dominio del canal, la formación de este vórtice se debe al impulso que genera la corriente horizontal del chorro secundario y a su interacción con la corriente del chorro principal el cual se mueve hacia abajo. En este caso el chorro secundario sale horizontalmente y luego parte del fluido se mueve hacia abajo arrastrado por la corriente del chorro principal mientras el resto del fluido cambia abruptamente su dirección hacia arriba chocando contra la esquina superior izquierda del canal donde se puede observar una pequeña zona de vorticidad secundaria la cual gira en sentido opuesto debido a los gradientes altos de velocidad en esa zona. Debajo de la entrada secundaria se observan dos zonas una que se caracteriza por una corriente de fluido dirigida hacia abajo cerca del eje de simetría en donde predomina el efecto del chorro principal y una zona con una corriente de fluido dirigida hacia arriba provocada por el efecto de recirculación de la entrada del chorro secundario donde los efectos viscosos son altos. En la parte superior del canal y en los alrededores de la entrada secundaria el fluido se mantiene a una temperatura de 329K, mientras el fluido reduce su temperatura hasta alcanzar una temperatura de 326K en la salida del canal, es decir el fluido caliente asciende y el frío desciende. Como en el caso previo el campo de presión no muestra variaciones importantes, presentándose altas presiones en la parte superior del canal y en los alrededores de las entradas de los chorros.

La Figura 5 muestra el campo de temperatura, el campo de velocidad, las líneas de corriente y el campo de presión de un fluido en el interior de un canal con un chorro principal en la parte superior y un chorro secundario con expansión en la parte lateral localizado a una distancia $Y_s=0.196m$ con una relación de velocidades de entrada de los chorros principal y secundario de $U_m/U_s=2$. En este caso la formación de vórtices es más compleja observándose cuatro vórtices localizados arriba de la entrada del chorro secundario y un vórtice alargado debajo de esta entrada. Los dos vórtices localizado en la parte superior presenta un giro en sentido horario, observándose abajo un tercer vórtice con sentido anti horario, por otra parte justo arriba de la entrada del chorro secundario se localiza un cuarto vórtice con un giro en sentido horario provocado por el impulso del chorro secundario el cual se mueve horizontalmente hacia la izquierda y choca contra la corriente del chorro principal. Finalmente, debajo de la entrada secundaria se observa un vórtice alargado en sentido anti horario. Para este caso el fluido se mantiene a una temperatura más fría en la parte superior 326K y sale a una temperatura más caliente 328K. El fluido experimenta cambios significativos de los gradientes de presión alrededor de la entrada del chorro secundario, observándose una zona de alta presión arriba de la entrada del chorro secundario y en la parte inferior la presión es más baja. Para esta configuración los efectos de los chorros predominan sobre la convección que experimenta el fluido en el interior de la cavidad, provocando que el fluido frío se encuentre arriba y el fluido caliente abajo.

CONCLUSIONES

La solución numérica de las ecuaciones de Navier-Stokes acopladas con la ecuación de energía, usando el método de elemento finito y mallas adaptables permitieron estudiar la interacción entre la dinámica del fluido y la transferencia de calor de un fluido en el interior de un canal alimentado por un chorro principal y dos chorros secundarios en expansión simétricamente axial. En el modelo se incluyó la aproximación de Boussinesq para tomar en cuenta la convección natural en el interior del fluido debido a los gradientes de temperatura. Se estudiaron tres posiciones de la entrada del chorro secundario $Y_s=0.555m$, $0.425m$ y $0.196m$ para una relación de velocidades de los flujos principal y secundario de $U_m/U_s=2$. Se impusieron condiciones de frontera de no deslizamiento en todas las paredes sólidas y se impusieron temperaturas de entrada en cada uno de los chorros. Se observaron zonas de estancamiento en los centros de los vórtices y en las regiones intermedias entre las corrientes ascendentes y descendentes del fluido. Para los casos estudiados se observó siempre la formación de un vórtice en sentido horario en la parte superior del canal, a medida que la distancia Y_s se redujo la dinámica de formación de vórtices se volvió más compleja debido al choque directo de los chorros principal y secundario. Los resultados señalan que el número de vórtices formados y su distribución están en función la posición del chorro secundario. Para $Y_s=0.555m$ y $0.425m$ se observó que el fluido más caliente se localiza en la parte superior del canal y el fluido frío se localiza en la parte inferior. Cuando la posición de la entrada secundaria se coloca en la parte inferior del canal en $Y_s=0.196m$ el fluido localizado en la parte superior del canal se mantiene frío y se calienta a medida que desciende debido al efecto de la entrada del fluido caliente del chorro secundario. El modelo implementado en este trabajo tiene una gran relevancia para procesos de mezclado, dispersión y transporte de masa y energía ya que captura el efecto de la corriente de un chorro secundario en el proceso de formación de vórtices y en el fenómeno de la transferencia de calor. Hasta ahora éste estudio está limitado a un número de Reynolds de 3124, el comportamiento dinámico más allá de este rango está sujeto a investigaciones en curso, pero es útil para entender la transferencia de calor y la formación de vórtices al interior de un canal con entradas de flujo principal y secundario en expansión.

REFERENCIAS

- Armaly F., Durst F. y Pereira J. "Schonung. Experimental and theoretical investigation of backward-facing step flow," J. Fluid Mech. Vol. 127, 473-496, 1983.
- Arruda M. P., Lawson N. J. y Davidson M. R. "Control of an oscillatory Rectangular Cavity Jet Flow by Secondary Injection," JSME International Journal Serie B, Vol. 49, No. 4, 2006.
- Barbosa J.G., Quinto P., Sánchez F. y Carbajal I. "Numerical simulation for the flow structures following a three-dimensional horizontal forward-facing channel," Revista Mexicana de Física Vol. 53, 87-95, 2007.
- Chiang T. P., Sheu T. W. H. y Fang C. C. "Numerical investigation of vortical evolution in a backward-facing step expansion flow," Applied mathematical modeling Vol. 23, 915-932, 1999.
- Chorin A. "Numerical study of slightly viscous flow," J. Fluid Mech. Vol. 57, 785-796, 1973.
- Glowinski R. y Le Tallec P. "Augmented Lagrangian and operator-splitting methods in nonlinear mechanics," SIAM, Philadelphia, 1989.
- Glowinski R. y Pironneau O. "Finite element methods for the Navier-Stokes equations," Annual rev. Fluid Mech. Vol. 24, 167-204, 1992.
- Glowinski R. "Numerical methods for fluids. part 3, Handbook of Numerical Analysis," Vol IX, P. G. Garlet and J. L. Lions eds., North-Holland, Amsterdam, 2003.
- Lawson N. J. y Davidson M. R. "Self-sustained oscillation of a submerged jet in a thin rectangular cavity," Journal of Fluids and Structures Vol. 15, 59-81, 2001.
- Marechuk G. I. "Splitting and alternate direction methods. in Handbook of Numerical Analysis," Vol. 1, P.G. Garlet and J.L. Lions eds., North-Holland, Amsterdam 197-462, 1990.
- Martínez J. J. y Esperanza P. T. "A chebyshev collocation spectral method for numerical simulation of incompressible flow problems," J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng. XXIX, 3, 317-328, 2007.
- Turek S. "Efficient solvers for incompressible flow problems: An algorithmic and computational approach," Springer-Verlag, Berlin, 1999.

NOTAS BIOGRÁFICAS

El Dr. **Guillermo Efrén Ovando Chácon** es profesor investigador de la Unidad de Investigación en Mecánica del Depto. de Metal Mecánica y Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz. Ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales y ha publicado artículos en revistas con arbitraje internacional. Actualmente pertenece al Sistema Nacional de Investigadores y es Perfil PROMEP.

La **Dra. Sandy Luz Ovando Chácon** es profesora investigadora del Depto. de Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutierrez. Ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales y ha publicado artículos en revistas con arbitraje internacional. Actualmente pertenece al Sistema Nacional de Investigadores y es Perfil PROMEP.

La **Dr. Juan Carlos Prince Avelino** es profesor investigador de la Unidad de Investigación en Mecánica del Depto. de Metal Mecánica y Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz y es líder del Cuerpo Académico Análisis y Simulación en Termofluidos. Ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales y ha publicado artículos en revistas con arbitraje internacional. Actualmente pertenece al Sistema Nacional de Investigadores y es Perfil PROMEP.

El **Dr. Alberto Servin Martínez** es profesor investigador de la Unidad de Investigación en Mecánica del Depto. de Metal Mecánica y Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Veracruz. Ha presentado ponencias en congresos nacionales e internacionales, ha publicado artículos en revistas con arbitraje internacional y tiene una amplia experiencia en el desarrollo de proyectos de investigación con el sector industrial.

Exploración de perfiles de temperatura en el subsuelo para aplicaciones de enfriamiento pasivo

Dr. Adrián Vidal Santo¹, Dr. Víctor H. Gómez Espinoza², M.I.A. Josué Domínguez Márquez³ y M.C. Adrián Sánchez Vidal⁴

Resumen— En esta investigación se presentan los resultados experimentales del monitoreo de los perfiles de temperatura del subsuelo de la zona costera de Veracruz, los cuales muestran un buen gradiente de temperatura para la implementación de un sistema de enfriamiento pasivo; el cual se caracteriza por usar el subsuelo como sumidero de calor. Se presenta también el desarrollo del sistema de adquisición de datos,

así como las propuestas de los esquemas para el desarrollo del prototipo experimental del sistema de enfriamiento pasivo.

Palabras claves—ahorro de energía, energías renovables, pasivo, labview.

Introducción

El confort térmico nos brinda las mejores condiciones para desarrollar las actividades cotidianas, desde trabajos físicos hasta trabajos intelectuales, incluso hasta descansar. Por tal motivo en las escuelas, hospitales, casas, industrias y cualquier recinto donde habiten o laboren personas se busca acondicionar el aire para tener un desempeño óptimo en las actividades; sin embargo, el proceso que se usa para el acondicionamiento del aire son los métodos convencionales como es el enfriamiento por compresión de vapor, en el mejor de los casos cuando se cuenta con los recursos económicos. Pero este método conlleva el alto costo que se paga por facturación eléctrica, el inconveniente de que usa refrigerantes fluorocarbonados y que al consumir energía eléctrica de la red se contribuye al deterioro de la capa de ozono ya que la mayoría de las plantas termoeléctricas queman combustibles fósiles para generar la energía eléctrica. Por tal motivo, en los últimos años la generación de energía eléctrica y el enfriamiento, por medios pasivos, ha cobrado interés en los investigadores, desarrollando tecnologías que conduzcan a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales para beneficio del hombre y su entorno. En este sentido se presentan aquí los resultados del monitoreo de las temperaturas del subsuelo en la zona costera de Veracruz, su análisis estadístico y avances de la construcción del prototipo experimental.

Antecedentes

Los primeros trabajos reportados datan desde 1987 con el estudio de Hasegawa et al. (1987) quienes fueron los pioneros en buscar reducir la carga de enfriamiento en casas habitación construyéndolas en el subsuelo, lo que podría ser propicio para esas áreas secas (Japón), pero no para la región Veracruzana debido al nivel del manto friático que se encuentra a poca profundidad y que a la larga la humedad provocaría fuertes daños a la construcción.

Diez años después del trabajo de Hasegawa, el análisis del enfriamiento pasivo volvió a tomar importancia con el análisis que realizaron Santamouris et al. (1997), los cuales desarrollaron un modelo para cuantificar la disminución en la carga de enfriamiento de una vivienda aprovechando el enfriamiento nocturno y el subsuelo como sumidero de calor.

Un estudio, quizá de los más importantes, teórico-experimental fue el realizado por Hamada et al. (2001) quienes construyeron una casa muestra, para validar sus modelos de simulación, en la cuál aprovecharon la energía solar, del viento y del subsuelo para producir casi el 85% de la energía consumida por una vivienda del tipo popular.

Pfafferot (2003), Sanner et al. (2003) y Kumar et al. (2003) modelaron intercambiadores y bombas de calor, respectivamente, para usarlos en el análisis de enfriamiento pasivo con el subsuelo.

Yumrutas et al. (2005) realizaron un modelo computacional para evaluar el desempeño de un sistema de enfriamiento de agua helada, con la variante de que el condensador era un tanque de agua enterrado, cuyo sumidero de calor era el subsuelo. No fue un enfriamiento netamente pasivo, pero se logró un leve incremento en el COP del sistema de enfriamiento.

¹ El Dr. Adrián Vidal Santo es Profesor Investigador de la Facultad de Ingeniería Región Veracruz de la Universidad Veracruzana. avidal@uv.mx (autor corresponsal)

² El Dr. Víctor Hugo Gómez Espinoza es Profesor Investigador del Centro de Investigación en Energía de la UNAM yhge@cie.unam.mx

³ El M.I.A Josué Domínguez Márquez es Profesor Investigador de la Facultad de Ingeniería Región Veracruz de la Universidad Veracruzana jdominguez@uv.mx

⁴ El M.C. Adrián Sánchez Vidal es Profesor Investigador del Facultad de Ingeniería Región Veracruz de la Universidad Veracruzana adrsanchez@uv.mx

Wu et al. (2007) realizaron estudios de tuberías enterradas de forma horizontal para disipar el calor de una vivienda, pero esta opción resulta muy costosa y voluminosa para lograr un verdadero beneficio, debido a la gran longitud de los tubos (casi 100 m). Sin embargo, Hamada et al. (2007), propusieron que la tubería enterrada fuera de forma helicoidal, con lo cual se reduce el espacio del terreno pero no el costo de la tecnología. Voss et al. (2007), Santamouris et al. (2007), realizaron estudios de las tecnologías existentes para suministrar, de forma pasiva, energía eléctrica, calefacción y enfriamiento a edificios.

Descripción del Método

Para saber si existe potencial para un proyecto de enfriamiento pasivo con el subsuelo se tiene que investigar si existe un gradiente superior a los 10°C entre la temperatura del medio ambiente y el subsuelo a una profundidad no mayor a los cinco metros. La zona que se investigó está ubicada en los patios de la Facultad de Ingeniería Región Veracruz, la cual se encuentra a escasos 500 metros del mar, por lo que es un suelo arenoso y con el manto frático a no más de dos metros de profundidad, lo cual ayuda a que haya una mejor disipación del calor.

Modelo analítico

Se han estudiado diferentes modelos analíticos para predecir el perfil de temperatura en el subsuelo; sin embargo, el modelo propuesto por Ho y Strand (2008) es el que será tomado como base en este trabajo. La temperatura del subsuelo a una profundidad (z) se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$T_{z,t} = T_m - A_s \exp \left[-z \left(\frac{\pi}{365\alpha_s} \right)^{1/2} \right] \cos \left\{ \frac{2\pi}{365} \left[t - t_0 - \frac{z}{2} \left(\frac{365}{\pi\alpha_s} \right)^{1/2} \right] \right\} \quad (1)$$

La ecuación (1) depende de parámetros como la temperatura promedio de la superficie del suelo (T_m), la amplitud de la variación de la temperatura de la superficie del suelo (A_s), la profundidad (z), la difusividad térmica del suelo (α_s), el periodo de medición (t) y la constante de fase de la superficie del suelo (t_0). La gran mayoría de estos parámetros dependen de otros que aún están en proceso de obtención, por lo que los resultados del modelo analítico se presentarán en trabajos posteriores.

Modelo experimental

El monitoreo del subsuelo comenzó en marzo del 2009 y se continuaron realizando mediciones en otros meses del año (septiembre y octubre).

Al principio de las mediciones se utilizaron sensores de temperatura del tipo LM-35 por ser los más económicos, pero no fueron resistentes a los esfuerzos mecánicos y se optó por utilizar los sensores de resistencia variable tipo PT100, cuyas mediciones se adquirieron en un equipo de cómputo con la ayuda de una tarjeta de adquisición NI-USB 6009 en conjunto con el software LabVIEW 9.0 para la instrumentación virtual.

El programa LabVIEW utiliza dos ventanas de trabajo, una de ellas se llama el Front Panel o Panel frontal (Figura 1), la otra de éstas se llama Block Diagram o Diagrama de Bloques (Figura 2).

En el panel frontal se trabaja más que nada con la presentación, botones del programa y manipulación de los datos introducidos al programa mientras éste se está corriendo.

El trabajo se comienza con el Block Diagram, pues es en éste donde se programa. Como un concepto básico de utilización del programa se sabe que para poder manipular a placer el programa, se necesita tener un interruptor de encendido. Por ello, todas las operaciones y cableados deben de estar dentro de una estructura while la cual fungirá como el interruptor de apagado, dado que se puede poner un botón de "stop" el cual al ser presionado cumplirá la condición para que se detenga el ciclo y todas las operaciones dejarán de realizarse.

El sistema de adquisición de datos fue diseñado en la plataforma de LabVIEW y se realizaron una serie de artificios para poder lograr la interface entre el sensor, la tarjeta de adquisición y el software, así como para minimizar los ruidos, ya que el cable de señal no era blindado. Los sensores fueron enterrados con una separación de 50 cm cada uno y el monitoreo de la señal se programó cada 60 segundos.

Para tener una medición convencional con los sensores PT100, generalmente se utiliza un instrumento que tenga una fuente de corriente incluida. Pero en nuestro caso al hacer uso de la tarjeta NI USB-6009, la cual no cuenta con esta fuente incluida, se usaron artificios de ingeniería para sustituirla.



Figura 1. Panel Frontal de LabVIEW.

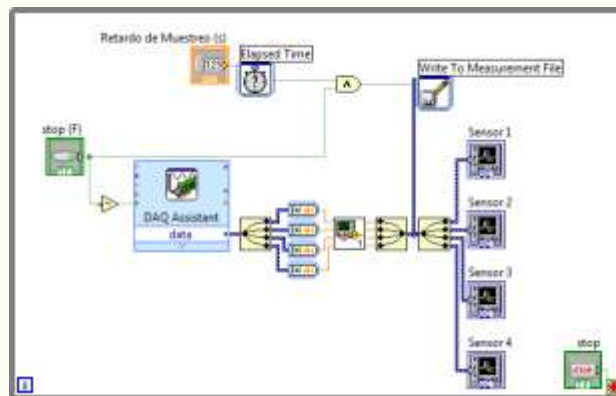


Figura 2. Diagrama a bloques de LabVIEW.

Primeramente, para la instrumentación se diseñó una tarjeta con puentes de Wheatstone para cada uno de los sensores, ya que al variar la detección de temperatura se origina un desbalance del puente que se traduce en una diferencia de potencial en su salida, por lo que la resistencia del sensor se deduce a partir de la ecuación del puente (ecuación 2).

$$R_x = \left[\frac{(R_1 + R_3) \Delta V + R_3 V_o}{V_o (R_1 + R_3) - (R_1 + R_3) \Delta V - R_3 V_o} \right] R_2 \quad (2)$$

Asimismo, dado que el voltaje adquirido es una función de la variación de resistencia del sensor, que a su vez depende de la temperatura, se correlacionó el voltaje adquirido con la curva de calibración de los sensores apoyados en una interpolación de Lagrange, a partir de ciertos puntos conocidos de la curva (ecuación 3).

$$T = \frac{(x - 114)(x - 138.4)(x - 100)}{(113.3 - 100)(113.3 - 114.3)(113.3 - 138.4)} \quad (33)$$

$$+ \frac{(x - 100)(x - 113.3)(x - 138.4)}{(114.3 - 100)(114.3 - 138.4)} \quad (36)$$

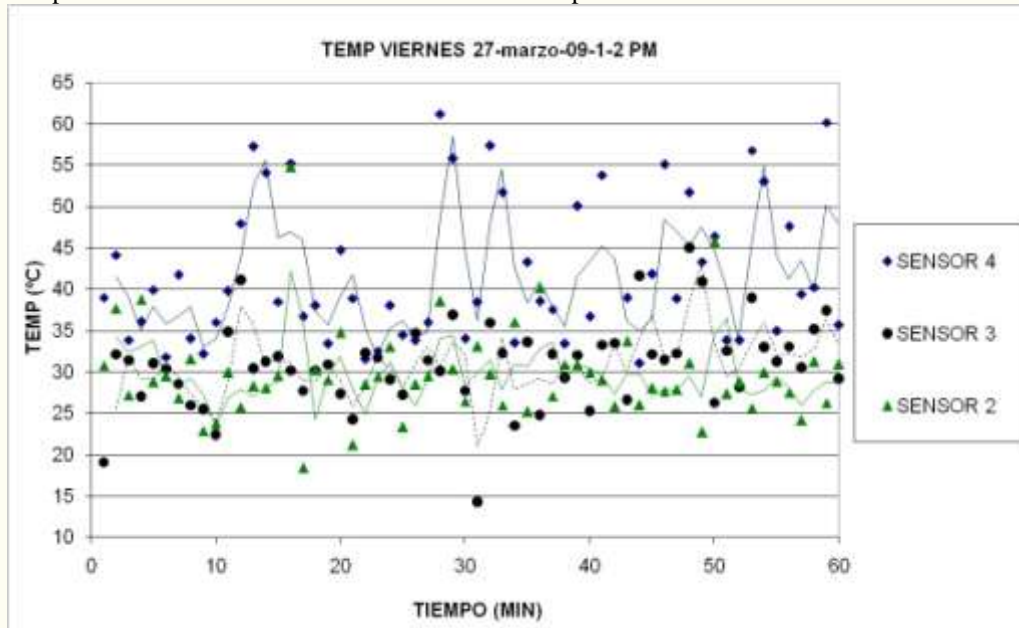
$$+ \frac{(x - 100)(x - 113.3)(x - 114.3)}{(138.4 - 100)(138.4 - 113.3)(138.4 - 114.3)} \quad (100)$$

Cabe destacar, que los sensores se fijaron a un tubo de PVC, de modo que permitiera introducirlos en el subsuelo. El primero de los sensores se encontraba exactamente a 2 m de profundidad, mientras que el segundo de ellos se encontraba a 1.5 m, el tercero a 1 m y el cuarto y último de los sensores se encontraba justo sobre la superficie del suelo.

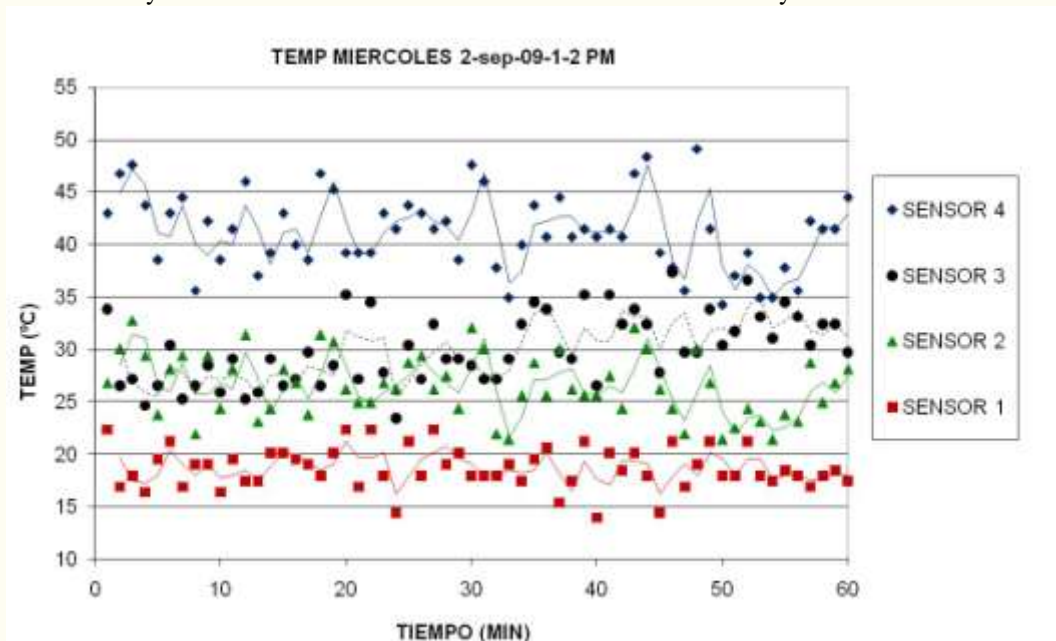
Comentarios Finales

Resultados

El las Gráficas 1 y 2 se muestran los perfiles de temperatura del subsuelo de mediciones realizadas el viernes 27 de marzo y el miércoles 02 de septiembre de 2009 en el horario de 13:00 a 14:00 pm.



Gráfica 1. Perfiles de temperatura en el subsuelo de la Facultad de Ingeniería UV. Valores de temperaturas medidos con sensores tipo LM-35. En esta gráfica se aprecia mucha dispersión de los valores medidos por el sensor 4 (el de la superficie) debido a que son muy sensibles a las condiciones ambientales como los vientos y la irradiación solar.



Gráfica 2. Perfiles de temperatura en el subsuelo de la Facultad de Ingeniería UV. Valores de temperaturas medidos con sensores tipo PT100. En esta gráfica se aprecia que hay una mejor correlación de los valores medidos durante la hora de medición por cada uno de los sensores debido a que este tipo tiene una mejor respuesta y viene protegido por un tubing o termopozo eliminando así las fallas por esfuerzos mecánicos.

Finalmente, a partir del análisis de las muestras de temperatura obtenida, en la Tabla 1 se presenta un concentrado de sus valores promedio respecto al tiempo de medición, así como de la diferencia promedio de temperatura presente entre el sensor que está en la superficie y aquél que se ubica a 2 m de profundidad.

Según los datos observados, se puede apreciar que siempre se mantiene un gradiente o diferencial de temperatura entre la superficie y el sensor que se encuentra a mayor profundidad en el subsuelo, de alrededor de 20°C, lo cual es muy conveniente para lograr el enfriamiento pasivo.

Tabla 1. Valores promedio de temperatura medida por los sensores

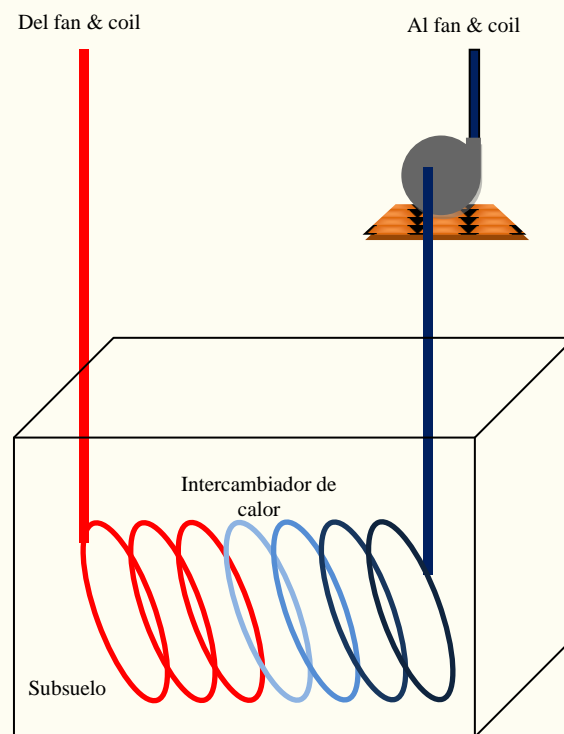
Hora	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Δ (S1 y S4)
12 horas	18.6631104	26.5784131	30.0089622	41.2337724	22.570662
13 horas	17.3462434	26.9656238	32.0239383	41.6266934	24.28045
14 horas	17.7514885	25.7773471	31.9032967	40.2058099	22.4543214
15 horas	17.2128411	25.8311896	29.3422219	40.1255445	22.9127035
16 horas	15.9735942	23.5605867	24.4314899	37.7768168	21.8032225
17 horas	17.268548	23.2963228	23.8021395	37.6674172	20.3988692
18 horas	18.3208155	23.0196955	24.2907291	37.6087944	19.2879789

Propuesta del prototipo experimental

Dependiendo de las características del subsuelo, del material de la tubería, de las propiedades del aire y del fluido secundario de trabajo es como se seleccionará la configuración del intercambiador de calor, pero eso requerirá de más trabajo de investigación y desarrollo de cálculos para el diseño del intercambiador de calor, cuyos resultados se publicarán en trabajos posteriores; sin embargo, se muestra en las Figuras 3(a) y 3(b) el nivel del manto frático y un esquema, muy burdo probablemente, del prototipo experimental pero es en lo se continuará trabajando.



3(a)



3(b)

En la Fig. 3(a) se muestra la profundidad a la que se encuentra el manto frático en el suelo arenoso de la zona costera de Veracruz. En la Fig. 3(b) se muestra el esquema del prototipo experimental que se está planteando para el proyecto de enfriamiento pasivo.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en las mediciones se pudo observar que existe un gradiente de temperatura adecuado para desarrollar proyectos de enfriamiento pasivo en suelos arenosos de la costera Veracruzana; sin embargo, se continuará con el desarrollo del prototipo experimental para verificar la temperatura del aire dentro del recinto después de ceder su calor al fluido de trabajo del intercambiador. También se estudiarán los métodos de eliminación de la humedad del aire, ya que este método es sólo de enfriamiento con temperaturas superiores a las del punto de rocío; por lo tanto no se lograría el proceso de deshumidificación.

Agradecimientos

Se agradece al Ing. Ezequiel Uscanga García y al alumno Asael Montalvo Lara, por el apoyo brindado en la construcción del prototipo experimental (en proceso).

Referencias

- Hamada, I., Nakamura, M., Ochifuji, K., Nagano, K. and Yokoyama, S. (2001). Field performance of a Japanese low energy home relying on renewable energy. *Energy and Building*, Vol. 33, pp. 805 a 814.
- Hamada, I., Nakamura, M., Saitoh, h., Kubota, H. and Ochifuji, K., (2007). Improved underground heat exchanger by using no-dig method for space heating and cooling. *Renewable Energy*, Vol. 32, pp. 480–495
- Hasegawa, F., Yoshino, H. and Matsumoto, S. (1987). Optimum Use of Solar Energy Techniques in a Semi-Underground House: First-Year Measurement and Computer Analysis. *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 2, No. 4, pp. 429–435.
- Kumar, R., Ramesh, S. and Kaushika, S.C. (2003). Performance evaluation and energy conservation potential of earth–air–tunnel system coupled with non-air-conditioned building. *Building and Environment*, Vol. 38, pp. 807 – 813.
- Lee, K.H. y Strand, R.K. (2008). The cooling and heating potential of an earth tube system in buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 40, pp. 486–494.
- Pfafferot, J. (2003). Evaluation of earth-to-air heat exchangers with a standardized method to calculate energy efficiency. *Energy and Buildings*, Vol. 35, pp. 971–983.
- Sanner, B., Karytsas, C., Mendrinós, D. and Rybach, L. (2003). Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage in Europe. *Geothermics*, Vol. 32, pp. 579–588.
- Santamouris, M., Mihalakakou, G. and Asimakopoulós, D. N. (1997). On the coupling of thermostatically controlled buildings with ground and night ventilation passive dissipation techniques. *Solar Energy*, Vol. 60, Nos. 3/4, pp. 191–197.
- Santamouris, M., Pavlou, K., Synnefa, A., Niachou K. and Kolokotsa, D. (2007). Recent progress on passive cooling techniques Advanced technological developments to improve survivability levels in low-income households. *Energy and Buildings*, Vol. 39, pp. 859–866.
- Voss, K., Herkel, S., Pfafferott, J., Günter Löhnert, G. and Wagner, A. (2007). Energy efficient office buildings with passive cooling – Results and experiences from a research and demonstration programme. *Solar Energy*, Vol. 81, pp. 424–434.
- Wu, H., Wang, S. And Zhu, D. (2007). Modelling and evaluation of cooling capacity of earth–air–pipe systems. *Energy Conversion and Management*, Vol. 48, pp. 1462–1471.
- Yumrutas, R., Kanog, M., Bolatturkb, A. and Sirin, M. (2005). Computational model for a ground coupled space cooling system with an underground energy storage tank. *Energy and Buildings*, Vol. 37, pp. 353–360.

Notas Biográficas

El **Dr. Adrián Vidal Santo** es Profesor Investigador de la sección de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, realizó estudios de posgrado en la UNAM en el área de Termodinámica (maestría) y energía (Doctorado). Ha publicado artículos en las revistas *Energy*, *Energy Research* y *Applied Thermal Engineering*, es miembro del SNI y actualmente trabaja en proyectos de ahorro de energía y aprovechamiento de las energías renovables.

El **Dr. Víctor H. Gómez Espinoza** es Profesor Investigador del Centro de Investigación en Energía de la UNAM, realizó estudios de posgrado en la UNAM en el área de energía (Maestría y Doctorado). Ha publicado artículos en las revistas *Applied Thermal Engineering* y *Renewable Energy* y es coautor de un capítulo del libro *Solar Collector: Energy conservations, Design and applications*, es miembro del SNI y actualmente trabaja en proyectos de calentadores solares y refrigeración por absorción.

El **M.I.A. Josué Domínguez Márquez** es Profesor Investigador de la sección de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, realizó estudios de posgrado en el área de Ingeniería Administrativa (maestría) en el Instituto de Estudios Universitarios del Estado de Veracruz y ha sido responsable técnico del área eléctrica en diversas empresas. Actualmente colabora en el grupo de ahorro de energía y aprovechamiento de las energías renovables de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

El **M.C. Adrián Sánchez Vidal** es Profesor Investigador de la sección de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, realizó estudios de posgrado en el Instituto Politécnico Nacional (IPN) en el área de Microelectrónica (maestría). Actualmente es profesor en la Escuela de Ingenieros de la Armada de México y colabora en el grupo de ahorro de energía y aprovechamiento de las energías renovables de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

Aplicación de Dinámica Inversa de Manipulador Paralelo Por el Principio del Trabajo Virtual

Moreno Ballinas Walter.¹, Vega Rivera Miguel Ángel.², Rodríguez Castro Ramón.³, Peláez Polo José Felipe.⁴

Resumen—Se muestra paso a paso el desarrollo matemático de un modelo dinámico inverso para un manipulador paralelo, se aplica específicamente a una plataforma de Gough Stewart; tratándose de un análisis inverso se analizan dos tipos de movimientos claves para su operación, movimiento lineal y movimiento angular. Para los movimientos deseados en la plataforma móvil obtenemos la posición, velocidad, aceleración y fuerzas que deben tener todos y cada uno de los actuadores. Los resultados son congruentes para los movimientos analizados.

Palabras claves—Dinámica inversa, manipulador paralelo, trabajo virtual.

Introducción

El presente artículo describe la aplicación de un modelo sistemático para resolver la dinámica inversa de un manipulador paralelo de Gough-Stewart basado en el principio del trabajo virtual, desarrollado por el Dr. Lung-Wen Tsai, a un hexápodo o manipulador paralelo 6 UPS utilizado como una máquina herramienta. La aplicación específica de la máquina herramienta es el grabado en piezas metálicas que implican profundidades de corte hasta $3\mu\text{m}$. lo cual produce fuerzas de corte tan pequeñas que pueden despreciarse en el modelo dinámico. Las superficies donde se desee realizar un grabado pueden superficies curvas, de aquí la ventaja de usar un manipulador paralelo y no uno serial; el manipulador paralelo 6 UPS tiene 6 grados de libertad con mayor velocidad y rigidez y menor masa que la que pueda presentar uno serial. Por último transformamos las fuerzas obtenidas del modelo cinemático en pares torsionales con fórmulas aplicadas a los tornillos de bola.

Cinemática Inversa

El manipulador paralelo se muestra en la figura 1. Como se observa, consiste en una plataforma fija “A” en la parte superior y una plataforma móvil “B” en la parte inferior, éstas están unidas por 6 actuadores accionados por tornillos de bola mediante articulaciones esféricas con la plataforma móvil y articulaciones universales con la plataforma fija.

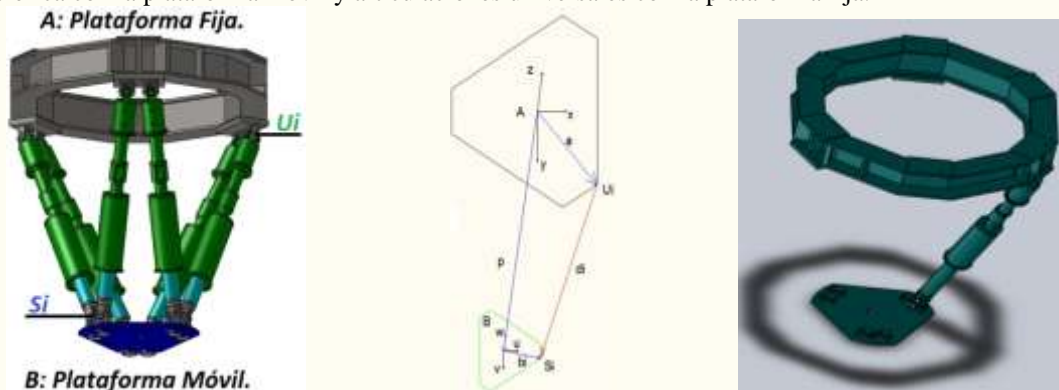


Figura. 1 Manipulador Paralelo 6 UPS. Configuración Vectorial de los Actuadores.

Es importante referenciar la posición y dirección de la placa móvil B respecto a la placa fija A, ya que en ésta última se encuentra el sistema de referencia global (x,y,z). Expresamos un sistema de referencia local (u,v,w) en la plataforma móvil, sistema con el que conocemos los vectores \vec{b}_i que van del punto P a los puntos S_i para $i = 1, 2, \dots, 6$ (se observa en la Figura. 1).

Por lo anterior, obtenemos la matriz de rotación de los ejes locales (u,v,w) respecto de los globales (x,y,z), de la siguiente manera:



Figura. 2 Rotación en los ejes u'' , v' , u .

¹Instituto Tecnológico de Celaya. w280383@gmail.com

²CIATEQ. A.C. mavega@ciateq.mx, SNI I.

³Instituto Tecnológico de Celaya. ramonr@itc.mx, SNI I.

⁴CIATEQ. A.C. jose.pelaez@ciateq.mx

Tomamos las rotaciones en el orden que se muestra en la Figura. 2 Rotación en los ejes u'' , v' , u . para obtener la matriz de rotación R_B^A , B respecto de A.

$$R(u'', \gamma)R(v', \theta)R(u, \phi) = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ \sin\gamma\sin\theta & \cos\gamma & -\sin\gamma\cos\theta \\ -\cos\gamma\sin\theta & \sin\gamma & \cos\gamma\cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 & \sin\phi \\ \sin\phi\sin\theta & \cos\phi & -\sin\phi\cos\theta \\ -\cos\phi\sin\theta & \sin\phi & \cos\phi\cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi & -\sin\phi \\ 0 & \sin\phi & \cos\phi \end{bmatrix}$$

$$R_B^A = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta\sin\phi & \sin\theta\cos\phi \\ \sin\gamma\sin\theta & \cos\gamma\cos\phi - \cos\theta\sin\gamma\sin\phi & -\sin\phi\cos\gamma - \cos\theta\cos\gamma\sin\phi \\ -\cos\gamma\sin\theta & \sin\gamma\cos\phi + \cos\theta\cos\gamma\sin\phi & -\sin\phi\sin\gamma + \cos\theta\cos\gamma\cos\phi \end{bmatrix}$$

Ecuación 1 Matriz de Rotación de la Plataforma móvil.

También escribimos la velocidad angular de la plataforma móvil B en términos de Euler y de la plataforma fija como sigue.

$$\omega_B = \dot{\gamma}u'' + \dot{\theta}v' + \dot{\phi}u \quad \omega_B = \dot{\gamma} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \dot{\theta} \begin{bmatrix} 0 \\ \cos\gamma \\ \sin\gamma \end{bmatrix} + \dot{\phi} \begin{bmatrix} \cos\theta \\ \sin\gamma\sin\theta \\ -\cos\gamma\sin\theta \end{bmatrix} \quad \omega_B = \begin{bmatrix} \dot{\gamma} + \dot{\phi}\cos\theta \\ \dot{\theta}\cos\gamma + \dot{\phi}\sin\gamma\sin\theta \\ \dot{\theta}\sin\gamma - \dot{\phi}\cos\gamma\sin\theta \end{bmatrix}$$

Ecuación 2 Velocidad Angular de la Plataforma Móvil.

Obtenemos la aceleración angular de la plataforma móvil derivando Ecuación 2 respecto al tiempo.

$$\dot{\omega}_B = \begin{bmatrix} \ddot{\gamma} - \dot{\phi}\dot{\theta}\sin\theta + \dot{\phi}\cos\theta \\ -\dot{\theta}\dot{\gamma}\sin\gamma + \dot{\phi}\dot{\gamma}\cos\gamma\sin\theta + \ddot{\theta}\cos\gamma + \dot{\phi}\dot{\theta}\sin\gamma\cos\theta + \ddot{\phi}\sin\gamma\sin\theta \\ \dot{\theta}\dot{\gamma}\sin\gamma + \dot{\phi}\dot{\gamma}\sin\gamma\sin\theta + \ddot{\theta}\sin\gamma - \dot{\phi}\dot{\theta}\cos\gamma\cos\theta - \ddot{\phi}\cos\gamma\sin\theta \end{bmatrix}$$

Ecuación 3 Aceleración Angular de la Plataforma Móvil.

Análisis de Posición.

Determinamos el vector \vec{b}_i como función de la plataforma fija de la siguiente manera.

$$\vec{b}_i = R_B^A \vec{b}_i^B \quad \vec{b}_i = \begin{bmatrix} b_{ix} \\ b_{iy} \\ b_{iz} \end{bmatrix}$$

Ecuación 4 Vectores de las Juntas Esféricas Transformadas al Sistema Global de Coordenadas.

Donde \vec{b}_i^B es el vector de S_i respecto de la plataforma móvil.

De manera similar a la Ecuación 4, referimos la matriz de inercia de la plataforma móvil I_p^B al sistema global, para obtener I_p^A , quedando de la siguiente manera.

$$I_p^A = R_B^A I_p^B R_A^B$$

Ecuación 5 Matriz de Inercia de la Plataforma Móvil Transformado al sistema Global de Coordenadas.

Donde $R_A^B = R_B^A^T$.

De la Figura. 1 Manipulador Paralelo 6 UPS. Configuración Vectorial de los Actuadores. Figura. 1 obtenemos la magnitud d_i , el cual representa la distancia del enlace i en todo momento.

$$d_i = \|\vec{p} + \vec{b}_i - \vec{a}_i\|$$

Ecuación 6 Distancia de los Actuadores.

Donde \vec{a}_i representa al vector posición de U_i referido al sistema de coordenadas global y \vec{p} es el vector de posición del efector final (centro de la placa móvil) referido al sistema de coordenadas global.

El vector normalizado del i -ésimo enlace, denominado \hat{s}_i es el siguiente.

$$\hat{s}_i = \frac{\vec{p} + \vec{b}_i - \vec{a}_i}{d_i}$$

Ecuación 7 Vector Unitario a lo Largo de Cada actuador con el Sisistema Global de Coordenadas.

Recordemos que los enlaces están conectados a la plataforma fija con juntas universales, lo que impide la rotación sobre su propio eje longitudinal; por lo tanto, podemos describir la orientación de los enlaces respecto al sistema global de coordenadas como se observa en la Figura. 3

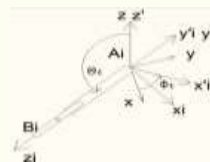


Figura. 3 Ángulos de Euler por Enlace.

Entonces, la matriz de rotación del i -ésimo enlace se escribe como sigue.

$$R_i^A = \begin{bmatrix} \cos\theta_i\cos\psi_i & -\sin\theta_i & \cos\theta_i\sin\psi_i \\ \sin\theta_i\cos\psi_i & -\cos\theta_i & \sin\theta_i\sin\psi_i \\ -\sin\psi_i & 0 & \cos\psi_i \end{bmatrix}$$

Ecuación 8 Matriz de Rotación Para Cada Actuador.

El vector unitario \hat{s}_i está dado por

$$\hat{s}_i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 9 Vector Unitario a lo Largo de Cada actuador con un Sistema Local de Coordenadas.

Al multiplicar R_i^A por \hat{s}_i se obtiene \hat{s}_i .

$$\hat{s}_i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i \sin\theta_i \\ \sin\theta_i \sin\theta_i \\ \cos\theta_i \end{bmatrix}$$

Ecuación 10 Vector Unitario a lo Largo de Cada actuador en Función de los propios Ángulos de Rotación

Resolviendo la Ecuación 10 se tiene que

$$\cos\theta_i = s_{ix}; \sin\theta_i = \sqrt{s_{ix}^2 + s_{iy}^2} \quad (0 \leq \theta \leq \pi); \cos\theta_i = \frac{s_{iy}}{\sin\theta_i}; \sin\theta_i = \frac{s_{ix}}{\sin\theta_i}$$

Donde s_{ix}, s_{iy} y s_{iz} son los componentes x, y y z respectivamente de \hat{s}_i conocidos en la Ecuación 7.

Se expresa la velocidad de las juntas esféricas v_{bi} .

$$v_{bi} = v_p + \text{cross}(\omega_p, b_i)$$

Ecuación 11 Velocidad de las Juntas Esféricas con el Sistema Global de Corrdenadas.

Transformamos la Ecuación 11 v_{bi} al i -ésimo enlace.

$$v_{bi}^i = R_A^i v_{bi}$$

Ecuación 12 Velocidad de las Juntas Esféricas con un Propio Sistema local de Coordenadas.

Donde $v_{bi}^i = [v_{bix}^i, v_{biy}^i, v_{biz}^i]^T$ describe la velocidad de S_i expresado en el i -ésimo enlace, y $R_A^i = R_i^A^T$.

Entonces, la velocidad de la longitud d_i

$$\dot{d}_i = v_{biz}^i$$

Ecuación 13 Razón de Cambio de la Posición de los Actuadores.

Sabemos que no existe rotación en el eje longitudinal de los enlaces, entonces la velocidad angular del el i -ésimo enlace es como sigue.

$$\omega_i^i = \frac{1}{d_i} \text{cross}(s_i^i, v_{bi}^i) = \frac{1}{d_i} \begin{bmatrix} -v_{biy}^i \\ v_{bix}^i \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ecuación 14 Razón de Cambio de la Posición Angular de los Actuadores.

Basta con derivar la ecuación 17 con respecto al tiempo para conocer la aceleración de la junta esférica S_i expresada en el sistema global de coordenadas.

$$v_{bi} = \dot{v}_p + \text{cross}(\omega_p, b_i) + \text{cross}(\omega_p, \text{cross}(\omega_p, b_i))$$

Ecuación 15 Aceleración de las Juntas Esféricas con el Sistema Global de Corrdenadas.

Expresamos lo anterior en el i -ésimo enlace.

$$v_{bi}^i = R_A^i v_{bi}$$

Ecuación 16 Aceleración de las Juntas Esféricas con un Propio Sistema local de Coordenadas.

Otra vez es necesario recordar la nula rotación del eje longitudinal de los enlaces para obtener la aceleración angular el i -ésimo enlace.

$$\dot{\omega}_i^i = \frac{1}{d_i} \text{cross}(s_i^i, \dot{v}_{bi}^i) - \frac{2\dot{d}_i}{d_i} \omega_i^i = \frac{1}{d_i} \begin{bmatrix} -\dot{v}_{biy}^i + \frac{2v_{bix}^i v_{biy}^i}{d_i} \\ \dot{v}_{bix}^i - \frac{2v_{biy}^i v_{bix}^i}{d_i} \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ecuación 17 Aceleración Angular de los Actuadores.

Consideremos la aceleración que se percibe en el cilindro y pistón del i -ésimo enlace de la siguiente manera.

$$\dot{v}_{1i}^i = \frac{e_1}{d_1} \begin{bmatrix} \dot{v}_{bix}^i - \frac{2v_{bix}^i v_{bix}^i}{d_i} \\ \dot{v}_{biy}^i - \frac{2v_{bix}^i v_{biy}^i}{d_i} \\ -\frac{v_{bix}^2 + v_{biy}^2}{d_i} \end{bmatrix}; \dot{v}_{2i}^i = \frac{1}{d_1} \begin{bmatrix} (d_i - e_2) \dot{v}_{bix}^i + \frac{2e_2 v_{bix}^i v_{bix}^i}{d_i} \\ (d_i - e_2) \dot{v}_{biy}^i + \frac{2e_2 v_{bix}^i v_{biy}^i}{d_i} \\ d_i \dot{v}_{biy}^i + \frac{e_2 (v_{bix}^2 + v_{biy}^2)}{d_i} \end{bmatrix}$$

Ecuación 18 Aceleración del Cilindro y Pistón de los Actuadores Respectivamente.

Principio del Trabajo Virtual.

Para identificar la matriz jacobiana J_p escribimos la Ecuación 11 en su forma vectorial.

$$v_{bi} = J_{bi} \dot{x}_p$$

Ecuación 19 Velocidad de las Juntas Esféricas en su forma Vectorial.

Donde

$$J_{bi} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & b_{ix} & -b_{iy} \\ 0 & 1 & 0 & -b_{ix} & 0 & b_{iy} \\ 0 & 0 & 1 & b_{iy} & -b_{ix} & 0 \end{bmatrix}$$

Ecuación 20 Matriz Jacobiana de los Actuadores.

Desde el sistema local de las juntas universales del i -ésimo enlace, queda de la siguiente manera.

$$J_{bi}^i = R_A^i J_{bi} \quad J_{bi}^i = \begin{bmatrix} -\sin\theta_i \\ \cos\theta_i \\ 0 \end{bmatrix}^T \quad J_{bi}^i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i \sin\theta_i \\ \sin\theta_i \sin\theta_i \\ -\cos\theta_i \end{bmatrix}^T$$

$$J_{bi}^i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i \cos\theta_i & \sin\theta_i \cos\theta_i & -\sin\theta_i \\ -b_{ix} \sin\theta_i \cos\theta_i - b_{iy} \sin\theta_i & b_{ix} \cos\theta_i \cos\theta_i - b_{iz} \sin\theta_i & -b_{iy} \cos\theta_i \cos\theta_i + b_{iz} \sin\theta_i \cos\theta_i \end{bmatrix}^T$$

Ecuación 21 Jacobiano de los Actuadores desde el Sistema Propio Local de Coordenadas.

Entonces la Ecuación 13 puede ser escrita como

$$\dot{d}_i = J_{bi}^i \dot{x}_p$$

Ecuación 22 Velocidad de Los Actuadores en su Forma Vectorial.

Arreglamos una ecuación general que describa la Ecuación 22 para los 6 enlaces.

$$\dot{q} = J_p \dot{x}_p$$

Ecuación 23 Representación General de la Ecuación 22

Donde

$$J_p = \begin{bmatrix} J_{b1x}^1 \\ J_{b2x}^2 \\ J_{b6x}^6 \end{bmatrix}$$

Ecuación 24 Jacobiano para la Ecuación General en la Ecuación 23

Inercia y fuerzas aplicadas.

Por ahora consideramos la fuerza gravitacional como la única fuerza externa que actúa sobre la plataforma móvil, además de las fuerzas provocadas por el movimiento y la inercia.

Entonces tenemos el vector de las fuerzas que actúan en la plataforma móvil de la siguiente manera.

$$\hat{F}_p = \begin{bmatrix} f_p \\ \hat{n}_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_p g - m_p \dot{v}_p \\ I_p^A \omega_p - \text{cross}(\omega_p, I_p^A \omega_p) \end{bmatrix}$$

Ecuación 25 Fuerzas Actuantes en la Plataforma Móvil.

Donde $I_p^A = R_B^A I_p^B R_A^B$ es la matriz de inercia de la plataforma móvil expresado en el sistema global de coordenadas.

Similar a la Ecuación 25, formamos el vector de las fuerzas aplicadas y las provocadas por la inercia del cilindro y pistón.

$$\hat{F}_{1i} = \begin{bmatrix} f_{1i} \\ \hat{n}_{1i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{1i} R_A^i g - m_{1i} \dot{v}_{1i} \\ -I_{1i}^i \omega_i^i - \text{cross}(\omega_i^i, I_{1i}^i \omega_i^i) \end{bmatrix} \quad \hat{F}_{2i} = \begin{bmatrix} f_{2i} \\ \hat{n}_{2i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{2i} R_A^i g - m_{2i} \dot{v}_{2i} \\ -I_{2i}^i \omega_i^i - \text{cross}(\omega_i^i, I_{2i}^i \omega_i^i) \end{bmatrix}$$

Ecuación 26 Fuerzas Aplicadas y Provocada por la Inercia del Cilindro y pistón.

Las matrices de inercia de la plataforma móvil y de los actuadores son todas diagonales.

Obsérvese el diagrama de cuerpo libre del brazo mostrado en la Figura. 4.



Figura. 4 Diagrama de Cuerpo Libre del Actuador del Manipulador Paralelo.

El principio del trabajo virtual para cualquier desplazamiento virtual dado de un manipulador paralelo se describe como sigue.

$$J_p^T \tau + \hat{F}_p + \sum_i J_i^T \hat{F}_i = 0$$

Ecuación 27 Trabajo Virtual.

Como el número de actuadores es equivalente al grado de libertad del manipulador paralelo, J_p es una matriz cuadrada. Al despejar τ de la Ecuación 27 se obtiene

$$\tau = -J_p^{-T} \left(\hat{F}_p + \sum_i J_i^T \hat{F}_i \right)$$

Ecuación 28 Fuerzas Ejercidas Sobre los Pistones de los Actuadores.

Donde $J_p^{-T} = J_p$.

Aplicamos el principio del trabajo virtual para la derivación de ecuaciones de movimiento de la presente configuración paralela (6 UPS). Utilizamos la Ecuación 27.

$$J_p^T \tau + \hat{F}_p + \sum_{i=1}^6 (J_{1i}^T \hat{F}_{1i} + J_{2i}^T \hat{F}_{2i}) = 0$$

Ecuación 29 Principio del Trabajo Virtual Para la Configuración Paralelo 6 UPS.

Expresando la Ecuación 29 en términos generales se tiene la siguiente expresión.

$$J_p^T (\tau + \hat{F}_z) + \hat{F}_p + J_x^T \hat{F}_x + J_y^T \hat{F}_y = 0$$

Ecuación 30 Principio del Trabajo Virtual en Función al Sistema Global de Coordenadas.

Donde

$$J_x = \begin{pmatrix} J_{b1x}^1 \\ J_{b2x}^2 \\ \dots \\ J_{b6x}^6 \end{pmatrix}; J_y = \begin{pmatrix} J_{b1y}^1 \\ J_{b2y}^2 \\ \dots \\ J_{b6y}^6 \end{pmatrix}$$

$$\hat{F}_x = \begin{pmatrix} \frac{e_1 f_{11x} + (d_1 - e_2) f_{21x} + \hat{n}_{11y} + \hat{n}_{21y}}{d_1} \\ \frac{e_1 \hat{f}_{12x} + (d_2 - e_2) \hat{f}_{22x} + \hat{n}_{12y} + \hat{n}_{22y}}{d_2} \\ \dots \\ \frac{e_1 \hat{f}_{16x} + (d_6 - e_2) \hat{f}_{26x} + \hat{n}_{16y} + \hat{n}_{26y}}{d_6} \end{pmatrix}; \hat{F}_y = \begin{pmatrix} \frac{e_1 f_{11y} + (d_1 - e_2) f_{21y} + \hat{n}_{11x} + \hat{n}_{21x}}{d_1} \\ \frac{e_1 \hat{f}_{12y} + (d_2 - e_2) \hat{f}_{22y} + \hat{n}_{12x} + \hat{n}_{22x}}{d_2} \\ \dots \\ \frac{e_1 \hat{f}_{16y} + (d_6 - e_2) \hat{f}_{26y} + \hat{n}_{16x} + \hat{n}_{26x}}{d_6} \end{pmatrix}; \hat{F}_z = \begin{pmatrix} \hat{f}_{z1x} \\ \hat{f}_{z2x} \\ \dots \\ \hat{f}_{z6x} \end{pmatrix}$$

Ecuación 31 Jacobiano y Fuerzas usadas en la ec.

Par en los tornillos de bola.

T : Par de fricción debido a una carga externa (N-m).

$$T = \frac{F_a P_h}{2\pi\eta} A$$

Ecuación 32 Fuerza de Torsión para el Tornillo de Bolas.

Donde

F_a : Carga axial aplicada (N), P_h : Paso del husillo de bolas (m), η : Eficiencia del husillo de bolas, A : Relación de Reducción.

Resultados.

Como primer paso para el análisis en un caso específico se obtienen los datos de entrada, como son los siguientes.

$$m_p = 30Kg; m_1 = 27Kg; m_2 = 6Kg; e_1 = 0.56m; e_2 = 0.316m; I = [0.53 \ 0.53 \ 1.07]; I_{11} = [1.56 \ 1.56 \ 0]; I_{21} = [0.13 \ 0.13 \ 0]$$

Coordenadas de las juntas universales $U_1: U_1 = [0.60719 \ -0.05847 \ 0]m; U_2 = [-0.25296 \ -0.55508 \ 0]m; U_3 = [-0.35426 \ -0.49661 \ 0]m; U_4 = [-0.35426 \ 0.49661 \ 0]m; U_5 = [-0.25296 \ 0.55508 \ 0]m; U_6 = [0.60719 \ 0.05847 \ 0]m; P_h = 5mm; A=1/5; \eta = 0.9$

Las condiciones iniciales del sistema para los siguientes análisis serán $P_0 = [0 \ 0 \ 1]m$; y $\Delta\alpha_0 = [0 \ 0 \ 0]rad$.

Por último ingresamos el tipo de movimiento que se desea analizar, como se trata de un análisis inverso, dichos valores se refieren al movimiento deseado de la plataforma móvil para obtener las longitudes, velocidad, aceleración y fuerzas torsionales necesarias en los actuadores. A continuación se muestran los resultados de un movimiento lineal y uno angular.

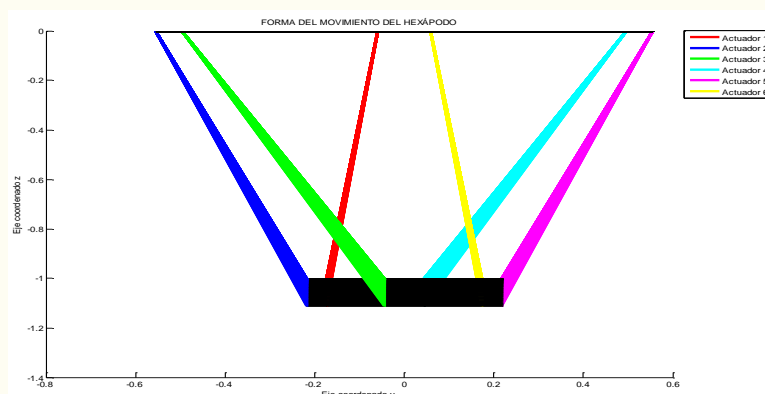


Figura. 5 Movimiento con Aceleración de 0.025m/s^2 en z.

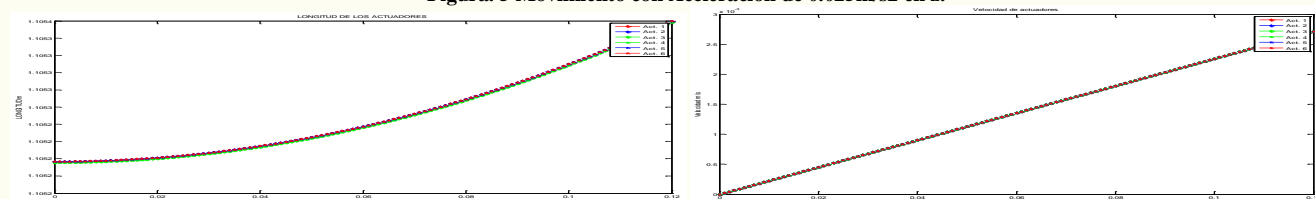


Figura. 6 Longitud y Velocidad de los Actuadores en el Tiempo del Movimiento en z.

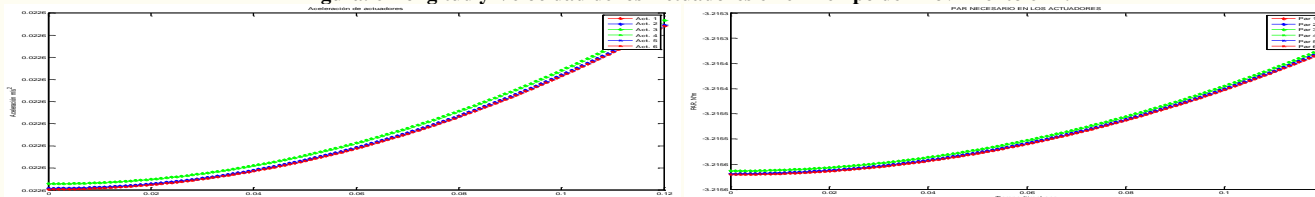


Figura. 7 Aceleración y Par de los actuadores en el Tiempo del Movimiento en z.

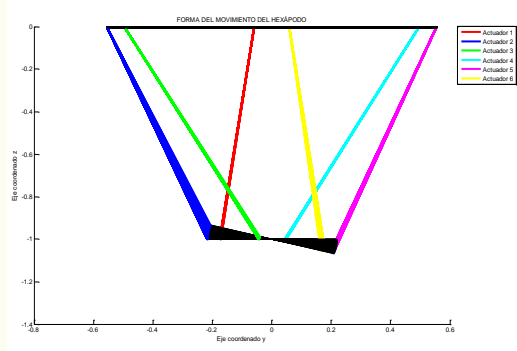


Figura. 8 Movimiento con Aceleración Angular de 0.025 rad/s^2 Alrededor del Eje x.

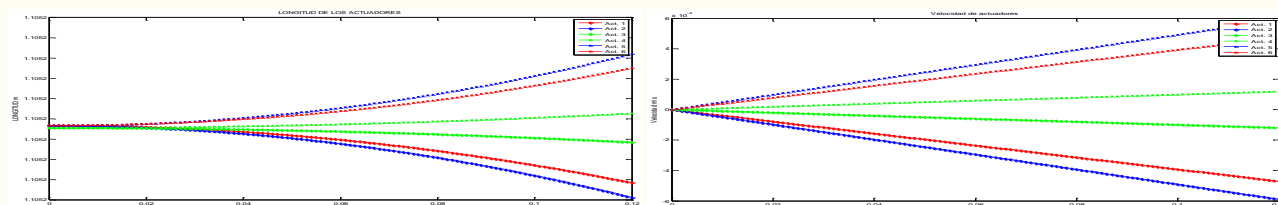


Figura. 9 Longitud y Velocidad de los Actuadores en el Tiempo del Movimiento Angular.

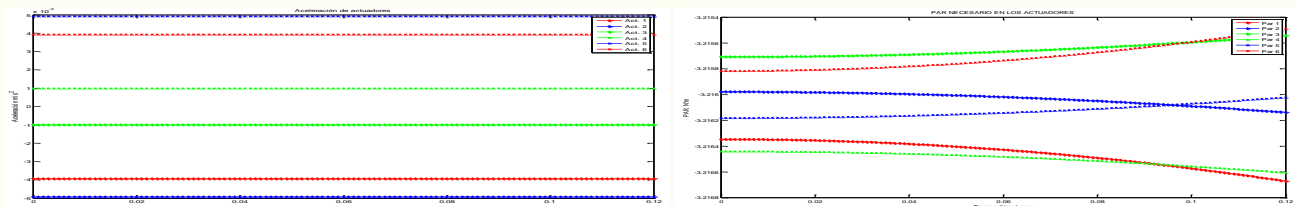


Figura. 10 Aceleración y Par de los Actuadores en el tiempo del movimiento angular.

Conclusión.

Los resultados logrados en el análisis son congruentes ya que es claro que al tener la plataforma móvil un desplazamiento en la vertical (vea la Figura. 5), manteniéndola horizontalmente, el desplazamiento y la velocidad van a ser equivalentes para los seis actuadores (Figura. 6 y Figura. 7), de igual forma para las fuerzas necesarias. Para el movimiento angular (Figura. 8) podemos observar que las propiedades del movimiento de los actuadores 1, 2 y 3 serán equivalentes en valor absoluto pero con direcciones opuestas a los actuadores 6, 5 y 4, respectivamente. El principio del trabajo virtual permite que el sistema de ecuaciones a resolver sea lineal y, de ese modo, con bajo tiempo de cómputo. El modelo dinámico da como resultado fuerzas de empuje que actúan sobre el pistón de los actuadores pero en realidad son accionados por tornillos de bola, por ello se utilizan fórmulas que traducen las fuerzas de empuje a fuerzas de torsión que actúan en los tornillos, de ese modo se tienen los datos necesarios para el control.

Referencias

Lung-Wen Tsai. "Robot analysis: the mechanism of serial and parallel manipulator." John Wiley & Sons, Inc.

Peláez Polo. José Felipe "Design of an anthropomorphic direct drive manipulator" Estudio de Investigación Postgrado -Mechanical Engineering Laboratory-MITI, Tsukuba Science City, Japan.

Martínez Parga Omar. "Algoritmo para análisis de la plataforma Gough-Stewart tipo UPS". Tesis Instituto Tecnológico de Celaya.

Fraunhofer-Gesellschaft "Centro de mecanizado hexápodo." Patente española "ES 2 152 689 T3"

Cristian Szep- Sergiu-Dan Stan- Vencel Csibi- Milos Manic- Radu Bălan. "Kinematics, Workspace, Design and Accuracy Analysis of RPRPR Medical Parallel Robot."