

**GUIA PARA PRESENTACIÓN DE TESIS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DE FLUIDOS**



# **GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE TESIS**

**ZEGARRA VELÁSQUEZ, ROBERTO LUIS**

**INGENIERO MECÁNICO DE FLUIDOS**

**LIMA – PERÚ**  
**2015**

## **GUIA PARA PRESENTACIÓN DE TESIS**

Estimada comunidad de Ingeniería Mecánica de Fluidos, según la constitución política del Perú las universidades tienen como primer fin la investigación y el apoyo para la solución de los problemas sociales que aquejan a nuestro país, pero este concepto se ha vuelto letra muerta por la dejadez o el temor de pensar en que las cosas nos van a salir mal, es momento de que cambiemos esto y empecemos a aportar con un granito de arena. Si bien es cierto no saldremos como unos Albert Einstein de la universidad, es necesario aportar con una investigación por nuestro bien (ahorro de tiempo y dinero) y por el bien de nuestra sociedad (el aporte de la tesis), es necesario concientizarnos y devolver algo de lo que no ha dado nuestra escuela.

No puedo continuar sin antes agradecer a todos los grupos de investigación de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, quienes son el principal pilar de nuestra escuela, dándonos el prestigio que gracias a sus aportes hemos obtenido.

La presente guía contiene los pasos para la presentación de una tesis en nuestra escuela, dicho sea de paso que al solicitar información para dicha documentación la encontrada nos resulta insustancial o casi nula al solicitarla en casos de hacer la interrogante: ¿COMO PRESENTO MI TESIS?, esta situación obliga al tesista a presentar su trabajo de la forma que cree mas conveniente encontrándose con mucha controversia en el camino, como fue mi caso, esto implica muchos retrasos por la burocracia que encontramos en nuestra facultad, sin embargo son etapas que debemos quemar.

A continuación presento los pasos a seguir para la presentación de una tesis, poniendo bien en claro que este fue mi caso y quizá encuentren algún inconveniente distinto, sin embargo les servirá como una referencia para poder realizar y agilizar su documentación:

**PASO I:**

**BUSQUEDA DEL TEMA:**

Este es el paso que muchos lo ven como el mas complicado, pero no deben hacerse un mundo con esto, es lógico que se debe tomar el un tema que nos "GUSTE" referente a la carrera, si se centran en un tema que no es de su importancia al poco tiempo perderán el interés por concluir el trabajo.

El asesor cumple una función muy importante en esta etapa, ya que le solicitarán 3 o 5 títulos y les harán ver los pros y los contras de cada uno ayudándole a tomar la mejor elección.

**CONCLUSIÓN:** Buscar 3 o 5 temas y presentarlos al asesor.

**PASO II:**

**BUSQUEDA DEL ASESOR:**

Parte del trabajo del docente es la asesoría a los alumnos, sin embargo sabemos bien que esto depende de la disponibilidad de tiempo del docente.

Para buscar al Asesor debemos tener en cuenta que nadie nos va a venir a consultar si deseamos ser asesorados por él, así que debemos ir y buscar a un especialista en los temas que tenemos propuestos y pedir que nos asesoren, siempre hay docentes que de muy buena voluntad y dedicación nos apoyarán.

**CONCLUSIÓN:** Una vez que definas los temas buscar al asesor especialista en ellos.

**PASO III:**

**PRESENTACIÓN DEL PLAN DE TESIS:**

Lo primero que debes tener presente es que nadie va hacer tu trabajo, el asesor te dirá que hacer y debes ponerte las pilas. Puedes solicitar un formato a la escuela pero no será muy claro el panorama, en el **ANEXO 1** podrán encontrar la forma de **NO PRESENTARLO**, ya que el suscrito cayo en el error que muchos caen y que el fin de esta guía es evitarlo. Por lo general se piensa que el Plan de Tesis es solo el índice que se va a usar, sin embargo esto no es así, la forma correcta de presentarlo la encontrarán en el **ANEXO 4** donde apreciaremos que el Plan de Tesis es la estructura de como se va a distribuir el tiempo para realizar las actividades que implicarán el desarrollo de nuestro estudio.

**CONCLUSIÓN:** Usa el formato del ANEXO 4 o solicitarlo al Asesor (Quizá el sugiera una presentación distinta a la de este documento).

#### **PASO IV:**

##### **DESARROLLO DE LA TESIS:**

Para este paso es necesario tener en cuenta los pasos aprendidos en Seminario de Tesis, en caso de no haber llevado ese curso no se preocupen que no es nada del otro mundo, usen cualquier libro de Seminario de Tesis, pero vayan al grano, es decir, no se vuelvan especialistas en **COMO HACER UNA TESIS**, busquen información, depúrenla y a la par vayan incluyéndola en su marco teórico (referencien todo lo que pongan, ya que luego no recordarán de que libro sacaron el texto), analicen y céntrense en su estudio, los demás pasos a seguir los encontrarán en los libros.

**CONCLUSIÓN:** Nadie te va hacer el trabajo, no pierdas tiempo y busca la información que se necesite para empezar con tu tesis.

#### **PASO V:**

##### **PRESENTACIÓN DE LA TESIS:**

El gran problema que se tiene acá es que el tesista no se comunica con los miembros de la comisión técnica, sino hasta que concluye su tesis y al final si a los miembros de la comisión técnica le parece que todo está mal, pues lo debe volver hacer, la forma de evitar esto es estar en constante reunión con la comisión técnica, presenten avances parciales, no necesariamente se debe tener el trabajo terminado, reúnanse informalmente y presenten borradores, así cuando se presente el trabajo final ya no se tendrán muchas observaciones o quizá ninguna.

En el **ANEXO 7** podrán encontrar la documentación necesaria para la presentación final de su tesis.

**CONCLUSIÓN:** Reúnanse seguido con los miembros de la comisión técnica y soliciten su opinión antes de presentar su versión final.

**PASO VI:**

**PROCEDIMIENTO PARA EL CAMBIO DE TÍTULO DE LA TESIS:**

Existen situaciones que los obligarán a realizar cambios de forma de la tesis, recuerden que todo es tentativo hasta la presentación final, es decir está sujeto a cambios, pero tengan presente que estos cambios no deben ser de fondo **(OBJETIVO)**, sino solo de forma **(ESTRUCTURA)**.

Este procedimiento no está contemplado dentro de los estándares de presentación para la facultad, así que se realiza como el comité asesor lo desee. Sin embargo lo que debe quedar claro es que no deben cambiar los objetivos específicos del Plan de Tesis inicialmente presentado.

En el **ANEXO 6** podrán encontrar el documento necesario para la solicitud del cambio de título de tesis, este debe ser presentado por el Asesor.

**CONCLUSIÓN:** Reunirse con tiempo con el Comité Asesor y ceñirse al procedimiento propuesto por ellos, caso contrario se enfrascarán en un problema sin sentido.

**COMENTARIOS:**

- Se anexa la secuencia de las documentaciones a seguir desde el inicio de la presentación de tesis, hasta la documentación requerida para solicitar el título profesional.
- Espero que este aporte les sea de mucha ayuda, hay muchos ítems que decidí no tocar, ya que hay temas que son un poco complicados compartirlos por este medio, como la sustentación, sin embargo a todo aquel que desee realizar alguna consulta, gustosamente le brindaré mi apoyo desinteresado, dándole toda la orientación posible.

**CONTACTO:**

- **Correo:** robertsam1003@hotmail.com  
rzegarra@apn.gob.pe
- **Facebook:** Roberto Luis Zegarra Velasquez (por favor envíen un mensaje antes de agregarme)

## **ANEXO 1: PRESENTACIÓN DE PLAN DE TESIS**

- FUT SOLICITANDO APROBACIÓN DE PLAN DE TESIS
- RESUMEN EJECUTIVO
- CARTA DE CONFORMIDAD
- CARÁTULA TENTATIVA
- PLAN DE TESIS



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

## FORMATO ÚNICO DE TRÁMITE

Señor Doctor (Mag. Ing. Lic.): Mg. Ing. Jorge Luis Gastelo Villanueva  
Cargo: Director de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de Fluidos  
Facultad: Ciencias Físicas

Nombres y Apellidos: Roberto Luis Zegarra Velásquez

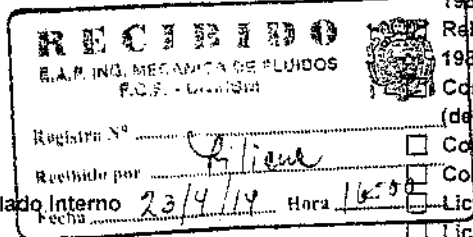
TARIFA A CANCELAR

SI. ....

☒ Alumno Pre Grado Código N°: 01115059 E.A.P.: ING. MECÁNICA DE FLUIDOS 13.2  
☐ Alumno Post Grado Código N°: ..... Especialidad: .....  
☐ Docente Código N°: ..... Sede: .....  
☐ Administrativo Código N°: ..... Oficina: .....  
☐ Otros Código N°: ..... Año de Egresado: .....

Solicito a usted, ordene a quien corresponda se me otorgue:

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Expedido para optar Título Profesional                         | <input type="checkbox"/> Revalida de Doctor   |
| <input type="checkbox"/> Título Profesional   | <input type="checkbox"/> Revalida de Título de Prof. de Segunda Especialización                     |
| <input type="checkbox"/> Expedido para optar Grado Académico de Bachiller               | <input type="checkbox"/> Inscripción de Estudios de Maestría  |
| <input type="checkbox"/> Grado Académico de Bachiller                                   | <input type="checkbox"/> Inscripción de Estudios de Doctorado                                       |
| <input type="checkbox"/> Expedido para optar Segunda Especialidad                       | <input type="checkbox"/> Carta de Presentación al Rector  |
| <input type="checkbox"/> Certificado de Estudios por Semestre Académico (a partir 1984) | <input type="checkbox"/> Transcripción de Título Profesional  |
| <input type="checkbox"/> Certificado de Estudios por Año Académico (a partir 1984)      | <input type="checkbox"/> Transcripción de Grado Académico Bachiller                                 |
| <input type="checkbox"/> Record Académico   | <input type="checkbox"/> Duplicado de Carnet Universitario  |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Ingreso  | <input type="checkbox"/> Certificado de 1930 a 1983 por cada semestre Académico                     |
| <input type="checkbox"/> Constancia de no adeudar Libros a la Facultad                  | <input type="checkbox"/> Certificado de 1930 a 1983 por cada año                                    |
| <input type="checkbox"/> Constancia de no adeudar dinero/bienes a la Facultad           | <input type="checkbox"/> Relación de Cursos de 1969 a ciclo de Verano 1984 y 1985 por cada Semestre |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Estudios   | <input type="checkbox"/> Relación de Cursos de 1969 a ciclo de Verano 1984 y 1985 por cada año      |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Egresado   | <input type="checkbox"/> Constancia de Ingreso según modalidad (de 1943 a 1983)                     |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Matrícula  | <input type="checkbox"/> Copia Simple de Resolución Rectoral  |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Notas por Curso                                  | <input type="checkbox"/> Copia Legalizada de Resolución Rectoral                                    |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Orden de Mérito                                  | <input type="checkbox"/> Licencia por Capacitación Oficializada                                     |
| <input type="checkbox"/> Reserva de Matrícula   | <input type="checkbox"/> Licencia por Enfermedad  |
| <input type="checkbox"/> Reactualización de Matrícula                                   | <input type="checkbox"/> Licencia por Gravidéz  |
| <input type="checkbox"/> Rectificación de Matrícula                                     | <input type="checkbox"/> Licencia por Fallecimiento de Familiares                                   |
| <input type="checkbox"/> Anulación de Matrícula por Traslado Interno                    | <input type="checkbox"/> Licencia por Citación Expresa Judicial                                     |
| <input type="checkbox"/> Anulación de Ingreso   | <input type="checkbox"/> Licencia por Función Edil  |
| <input type="checkbox"/> Acta Adicional   | <input type="checkbox"/> Licencia por Capacitación No Oficializada                                  |
| <input type="checkbox"/> Jurado Ad-Hoc  | <input type="checkbox"/> Licencia por Motivos Particulares  |
| <input type="checkbox"/> Carta de Presentación del Decano                               | <input type="checkbox"/> Licencia por Matrimonio  |
| <input type="checkbox"/> Convalidación de Cursos  | <input type="checkbox"/> Licencia por Enfermedad de Familiares                                      |
| <input type="checkbox"/> Ficha de Matrícula por Semestre                                | <input type="checkbox"/> Otros  |
| <input type="checkbox"/> Duplicado de Reporte de Matrícula                              |   |
| <input type="checkbox"/> Relación de Cursos por Semestre Académico                      |   |
| <input type="checkbox"/> Carné de Biblioteca  |   |
| <input type="checkbox"/> Revalida Grado de Bachiller                                    |   |
| <input type="checkbox"/> Revalida de Magister   |   |



Especificar otros: Aprobación de plan de tesis.

Para lo cual adjunto los requisitos exigidos por el TUPA

Dirección: M2-130 LT-9 GE-15 ; Huascar Cro. Grande, San Juan de Lurigancho.

Email: robertsam1003@hotmail.com

Fecha:

Teléfono: 997007022

DNI: 41479234

Firma: [Firma]

Nombres y Apellidos: Roberto Luis Zegarra Velásquez

Solicito: Aprobación de plan de tesis

SELLO DE RECEPCIÓN

## **RESUMEN EJECUTIVO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

Facultad de Ciencias Físicas

**Director de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de Fluidos**

Mg. Ing. Jorge Luis Gastelo Villanueva

**Asesor:**

Ph.D Ormeño Valeriano, Miguel

**Autor de Tesis:**

Zegarra Velásquez, Roberto Luis

---

**TESIS: "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS"**

**> Descripción del problema:**

Uno de los principales problemas de funcionamiento que aquejan a las Turbinas Francis es la cavitación, el estudio de este fenómeno nos proporcionará vital información que podrá ser tomada en cuenta para mejorar la eficiencia de una central hidroeléctrica, ya que obtendremos los puntos críticos de operación de las Turbinas Francis.

**> Antecedente de la Investigación:**

En marzo del año 2010 en la Faculty of Engineering Science and Technology de la Norwegian University of Science and Technology (NTNU) se presentó la tesis doctoral "*Sediment Erosion in Hydro Turbines*" esta tesis se basó con datos tomados en la central hidroeléctrica de Cahua, ubicada 200 km al norte de Lima (Pativilca), desarrollada por el ahora Doctor Hari Prasad Neopane, en la cual se realizó una investigación acerca del análisis numérico, sobre el efecto de la erosión producido por las partículas finas no sedimentadas en las turbomaquinarias. Este análisis se hizo usando como medio de trabajo el simulador ANSYS CFX.

**> Objetivo de la Investigación:**

Haciendo uso de la herramienta ANSYS 14.5 analizar, cuantificar y simular el fenómeno de la cavitación.

**> Justificación:**

En Perú una de las principales fuentes de energía eléctrica proviene de las centrales hidroeléctricas, el funcionamiento y la eficiencia de estas obras de ingeniería dependen de las condiciones de trabajo a las que sean sometidas tanto las estructuras como las máquinas hidráulicas que estén implicadas en el proceso.

Al obtener el análisis de la cavitación en una turbina hidráulica, podremos reducir sus efectos planteando mejoras para el funcionamiento; además de reducir sus efectos también reducimos los efectos secundarios que esta produce, como las vibraciones.

Lima, 21 de abril de 2014



## CARTA DE CONFORMIDAD

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

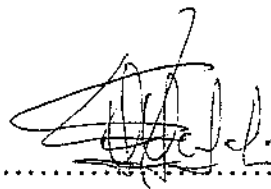
Facultad de Ciencias Físicas

**Director de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de Fluidos**

Mg. Ing. Jorge Luis Gastelo Villanueva


Yo Ph.D Ormeño Valeriano, Miguel Angel profesor asociado de la EAP. Ingeniería Mecánica de Fluidos, mediante la presente me complace informar que estoy en conformidad al asesorar al alumno Zegarra Velásquez, Roberto Luis, identificado con el código 01115059 y que se encuentra en la actualidad cursando el noveno ciclo de formación académica, en el desarrollo de la tesis con título: **“ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS”**.

Emito la presente carta para que el alumno mencionado haga efectivo su trámite de aprobación de plan de tesis.



.....  
Ph.D Ormeño Valeriano, Miguel Angel

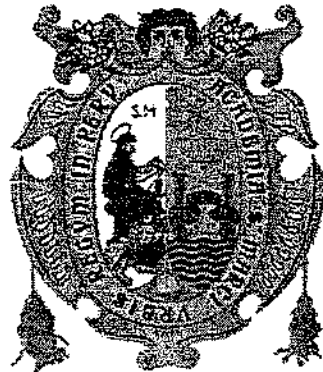
Lima, 21 de abril de 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE  
FLUIDOS



## **“ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS”**

Tesis para optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO DE FLUIDOS

**Zegarra Velásquez, Roberto Luis**

Dr. Ormeño Valeriano, Miguel Angel  
Ph.D Ingeniería mecánica

LIMA – PERÚ  
2014

# INDICE TENTATIVO

## 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

1.2 Antecedentes

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

1.3.2 Objetivos específicos

1.3.3 Hipótesis

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Turbinas hidráulicas

2.1.1 Conceptos básicos

2.1.1.1 Caudal

2.1.1.2 Altura neta

2.1.1.3 Número específico

2.1.1.4 Rendimiento

2.1.1.5 Triángulo de velocidades

2.1.2 Definición

2.1.3 Clasificación

2.1.3.1 Turbinas de reacción

2.1.3.2 Turbinas de acción

2.1.3.3 Turbinas mixtas

### 2.2 Turbina Francis

2.2.1 Definición

2.2.2 Partes de una turbina Francis

2.2.2.1 Caracol

2.2.2.2 Distribuidor

2.2.2.3 Rodete

2.2.2.4 Difusor

## **2.3 Erosión**

### **2.3.1 Definición**

### **2.3.2 Tipos de erosión**

### **2.3.3 Efectos de la erosión en las estructuras metálicas**

### **2.3.4 Métodos de prevención para la erosión**

## **2.4 Cavitación**

### **2.4.1 Definición**

### **2.4.2 Tipos de cavitación**

### **2.4.3 Influencia de la cavitación en las turbinas Francis**

## **2.5 Comparación entre erosión por cavitación y erosión por fricción de sólidos finos**

## **3 RECOPIACIÓN DE DATOS**

### **3.1 Condiciones de operación de la turbina Francis**

### **3.2 Cuantificación del deterioro de álabes**

### **3.3 Condiciones de mantenimiento de la turbina Francis**

## **4 SIMULACIÓN NUMÉRICA**

### **4.1 Descripción del simulador**

### **4.2 Perfil del álabe de una turbina Francis**

### **4.3 Descripción de la malla**

### **4.4 Condiciones de frontera**

### **4.5 Solución numérica**

## **5 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y SIMULACIÓN**

### **5.1 Análisis de datos tomados**

### **5.2 Simulación del perfil del álabe de la turbina Francis**

### **5.3 Modelo matemático**

### **5.4 Validación del modelo matemático**

### **5.5 Análisis de resultados de la simulación**

## **6 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1 Cuantificación de los resultados de la simulación**

6.2 Comparación entre la cuantificación tomada inicialmente y la cuantificación de la simulación

6.3 Validación de la simulación

**7 CONCLUSIONES**

**8 RECOMENDACIONES**

**9 BIBLIOGRAFIA**

**10 CRONOGRAMA EN MS PROJECT**

**11 ANEXOS**

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Justificación

En el Perú una de las principales fuentes de energía eléctrica proviene de las centrales hidroeléctricas, estas estructuras hidráulicas dependen de un trabajo netamente ingenieril; pero el funcionamiento y la eficiencia de estas grandes obras de ingeniería depende de las condiciones de trabajo a las que sean sometidas tanto las estructuras como las máquinas hidráulicas que estén implicadas en el proceso.

En el funcionamiento de una central hidroeléctrica pueden intervenir diferentes máquinas hidráulicas, como las turbinas y las bombas. El trabajo de tesis realizado se basará en el estudio de uno de los principales problemas de funcionamiento que aquejan a las Turbinas Francis, la cavitación, tanto en su forma cualitativa como cuantitativa. El estudio de este fenómeno nos proporcionará vital información que podrá ser tomada en cuenta para mejorar la eficiencia de una central hidroeléctrica, ya que obtendremos los puntos críticos de operación de las Turbinas Francis dependiendo tanto de sus dimensiones como de sus condiciones de operación.

Al obtener el análisis de la influencia de la cavitación en una turbina hidráulica, podremos reducir sus efectos planteando algunas mejoras para el funcionamiento y no solo eso, al reducir los efectos de la cavitación también reducimos los efectos secundarios que esta produce, como las vibraciones.

El método de simulación usado para obtener nuestros resultados podrá ser usado para posteriores estudios de fenómenos, tanto en máquinas como en estructuras hidráulicas y podrán ser contrastados con resultados reales obtenidos mediante mediciones tomadas durante la operación o la construcción de estas, según sea el caso, obtenidos estos resultados estaríamos en la facultad de plantear posibles soluciones o mejoras para su funcionamiento, ya que con este método obtendremos resultados muy aproximados a los reales, obviamente solo si están correctamente analizados tanto las condiciones de entrada como las demás variables que estén implicadas en el análisis.

## 1.2 Antecedentes

Bien se conoce que el estudio de la cavitación no es una novedad ya que se remonta a los tiempos de Euler, ya que el planteo un análisis de esta en las que nosotros ahora conocemos como turbomáquinas, pero debemos tener en cuenta que los pioneros del estudio de la cavitación en los tiempos actuales son Barbany y Parsons al estudiar las fallas producidas en un buque Británico en 1893, concluyendo que la cavitación era la responsable de su falla debido a su influencia en los álabes de la propela.

Fue debido a esta situación que Parsons estudio de forma experimental la cavitación construyendo un túnel de agua e introduciendo una propela, simulando así el movimiento de los alabes de la propela dentro del agua, para luego estudiar los efectos generados en esta, este módulo de prueba fue construido en 1895 [*cavitation of hydraulic machinery, 2000*].

El análisis de la cavitación nos guía obligatoriamente a un análisis erosivo en la turbina Francis (que será materia de nuestro estudio).

En marzo del año 2010 en la Faculty of Engineering Science and Technology de la Norwegian University of Science and Technology (NTNU) se presentó la tesis doctoral "*Sediment Erosion in Hydro Turbines*" esta tesis se basó con datos tomados en la central hidroeléctrica de Cahua, ubicada 200 km al norte de Lima (Pativilca), desarrollada por el ahora Doctor Hari Prasad Neopane, en la cual se realizó una investigación acerca del análisis numérico, sobre el efecto de la erosión producido por las partículas finas no sedimentadas en las turbomaquinarias. Este análisis se hizo usando como medio de trabajo el simulador ANSYS CFX y como algunas de sus conclusiones se llegó a que: *"La simulación numérica realmente se puede utilizar de una manera predictiva. Esta información puede servir como insumo en una etapa temprana del proceso de diseño de la turbina para identificar las regiones en las que sea necesario un tratamiento especial de la superficie con el fin de aumentar la vida útil de los componentes para los nuevos proyectos hidroeléctricos que impliquen riesgos de erosión de los sedimentos."*

La velocidad de una partícula es inversamente proporcional al tamaño de la partícula, y se determinó que las partículas de forma esférica tenían velocidades de sedimentación mayores que las partículas con otras formas. Sin embargo, la forma no esférica de las partículas tienden a tener velocidades de sedimentación más bajas debido a que tanto disminución de esferoide y aumento de angularidad tienden a disminuir las velocidades. Por otra parte, áreas de sección transversal más grandes tienden a ser dirigida perpendicular a la trayectoria de transporte. Como resultado, el mayor coeficiente de fricción, el movimiento de rotación más alta y más separación del flujo es probable que ocurran y por tanto, más tasa de erosión se predice. Las funciones desempeñadas por la forma de la partícula afectan significativamente la tasa de predicción de erosión dentro de los componentes de la turbina Francis. Además, se ha encontrado que el proceso de erosión depende en gran medida del tamaño de partícula, forma, concentración, y condiciones de funcionamiento de la turbina. La reducción de la erosión está ligada no sólo a la reducción de la velocidad de las partículas, pero también está vinculada a la reducción de la separación de flujo, que depende más de la forma, tamaño y concentración de la partícula. Una reducción significativa de la tasa de erosión se puede lograr por la turbina de funcionamiento en el mejor punto de eficiencia. Las operaciones de carga completa reduce la eficiencia, el aumento de la turbulencia, y el aumento de la velocidad relativa del flujo en la salida del álabe”.

En el año 2012 en la “TIM International Conference -2012” se presentó la investigación “Innovative Design of Francis Turbine for Sediment laden Water”, desarrollada por Krishna Prasad Shrestha, Bhola Thapa, Ole Gunnar Dahlhaug, Hari P. Neopane, Biraj Singh Thapa en conjunto por el Dept. Mechanical Engineering, Kathmandu University (Nepal) y el Dept. Energy&Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology (Noruega) en la cual se investigó acerca una forma de innovar las turbinas Francis con el fin de reducir el efecto de los sedimentados en ellas. Este análisis se hizo usando como medio de trabajo el simulador ANSYS CFX y como algunas de sus conclusiones se llegó a que: “El problema de la erosión en la turbina Francis debido al agua cargada de arena no puede detener por completo la tecnología actual, pero se puede minimizar manera



*económicamente razonable, mediante la incorporación del nuevo diseño planteado. Este innovador diseño de turbina Francis describió el nuevo horizonte del diseño de turbinas Francis para la carga de sedimentos. El uso de Finite Element Method (FEM), computational fluid dynamics (CFD) y herramienta Fluid structure Interaction (FSI) a reducir el proceso de diseño y simulación en tiempo meticulosamente. Los nuevos procesos de diseño resultan ser más sofisticado que la forma tradicional de diseño de la turbina Francis. El simulador predijo que el nuevo método de diseño puede resolver el problema de la erosión de arena forma más sofisticada.*

*A partir de esta investigación se tiene que recomendar que la simulación se debe hacer en la unidad de turbina y todo el conjunto. Aunque la simulación bidireccional toma mucho tiempo y costo, para una mejor predicción de dos vías de simulación es más fiable que la simulación unidireccional.*

*El problema de la erosión es un reto tecnológico para los diseñadores. Se cree que a partir de este tipo de investigación, fomentará la nueva manera del diseño para la reducción de la erosión en las turbinas Francis.*

*Los retos tecnológicos y oportunidades que se reconocen gracias al diseño innovador de la turbina Francis deben ser adoptados por los fabricantes de turbinas."*

Los métodos de simulación computacional son relativamente nuevos pero el avance tecnológico de nuestra actualidad nos ha dotado de múltiples herramientas para hacer un buen análisis de los fenómenos que, en un tiempo atrás, nos era muy difícil de visualizar e incluso en algunas veces imposible de hacerlo, podemos tomar como ejemplo el análisis del flujo de fluidos en tuberías, en estos casos nos limitábamos a tomar las influencias del fenómeno sin tener tal vez una visión objetiva de lo que está sucediendo físicamente y como hemos visto se obtienen resultados altamente confiables en los estudios hechos anteriormente.

La herramienta usada para nuestro estudio es el simulador ANSYS 14.5 con este simulador podremos cuantificar y medir los daños ocasionados por la cavitación en los álabes de las turbinas Francis, veremos si los resultados computacionales son confiables contrastándolos con los obtenidos experimentalmente.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Haciendo uso de la herramienta ANSYS 14.5 analizar, cuantificar y simular el fenómeno de la cavitación.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos buscados son los siguientes:

- a) Analizar los datos recopilados en la central hidroeléctrica para su posterior comparación con los obtenidos con la simulación.
- b) Simulación de una Turbina Francis con el simulador ANSYS 14.5 teniendo en cuenta las dimensiones de la turbina usada en la central hidroeléctrica como también sus condiciones de operación.
- c) Validar la simulación haciendo comparaciones entre los resultados obtenidos en la recopilación de datos y la simulación realizada con el simulador ANSYS 14.5.

#### **1.3.3 Hipótesis**

Los resultados obtenidos con el simulador ANSYS 14.5, al simular la Turbina Francis usando las dimensiones y condiciones de operación, deben ser lo suficientemente confiables para validar la simulación.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Anderson, J.D.. (1995). *"Computational fluid dynamics: the basics with applications"*. McGraw-Hill. Nueva York.
- [2] Ansys (2006a). *"Discretization and solution theory, Ansys CFX Release 11.0"*. Ansys Inc.
- [3] Ansys (2006b). *"Multiphase transport theory, Ansys CFX Release 11.0"*. Ansys Inc. Europe, Ltd.
- [4] Ansys (2006c). *"Particle transport theory, Ansys CFX Release 11.0"*. Ansys Inc. Europe, Ltd.
- [5] Ariel R. Marchegiani (2006). *"Cavitación"*. Universidad Nacional del Comahue.
- [6] Avellan, F. (2000). *"Introduction to cavitation in hydraulic machinery"*. En: 6th International conference on hydraulic machinery and hydrodynamics, págs. 11 – 22. Timisoara.
- [7] Ait-Buizid, Y. (2006). *"Physical modelling of leading edge cavitation: computation methodologies and application to hydraulic machinery"*. Tesis doctoral. Ecole polytechnique fédérale de Lausana.
- [8] Bernad, S., Susan – Resiga, R.F. , Muntean, S. y Anton, I. (2004). *"Numerical simulation for two phase cavitation flow in turbomachines"*. En: 6th International conference on hydraulic machinery and hydrodynamics, págs. 10 – 12. IAHR. Timisoara.
- [9] Casey, M. V. (2002). *"validation of turbulence models for turbomachinery flows: a review"*. En: Engineering turbulence modelling and experiments 5, proceedings of the 5th International symposium on Engineering turbulence modelling and measurements. Elsevier. Mallorca.
- [10] Cebeci, T. Smith, A.M.O. (1974). *"Analysis of turbulent boundary layers"*. Academic Press.
- [11] Dorey, J., Laperrousaz, E., Avellan, F., Dupont, P., Simoneau, R. y Bourdon, P. (1996). *"Cavitation erosion prediction on Francis turbine – part 3. Methodologies of prediction"*. En hydraulic machinery and cavitation: Proceedings of the XVIII IAHR Symposium, págs. 564 - 573. Kluwer Academic publisher.
- [12] Fernández Oro, Jesús Manuel. (2012). *"Técnicas numéricas en ingeniería de fluidos: Introducción a la dinámica de fluidos computacional (CFD) por el método de volúmenes finitos"*. Barcelona. Editorial Revete.

- [13] Finnie, J. (1960). "*Erosion of surfaces by solid particles*". Wear, vol. 3.
- [14] Huth, H. J. (2005). "*Fatigue desing of hydraulic turbine runners*". Tesis doctoral. Norwegian University of Science and Tecnology. Trondheim.
- [15] Ivanchenko, I., Shemelkov, L., Pupko, T. , Timashkov, A. y Vapnik, B. (1981). "*Stress strain state of Francis turbine blades*". Plenum publishing corporation, vol. 15, num. 12, págs. 29 – 33.
- [16] Knapp, R. T., Daily, J.W y Deschenes, C. (1970). "*Cavitation*". McGraw-Hill. Nueva York.
- [17] L. Quantz. (1961). "*Motores hidráulicos: Elementos para el estudio, construcción y cálculo de las instalaciones modernas de fuerza hidráulica*". Quinta edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- [18] Li S. C. (2000). "*Cavitation of hidraulic machinery*". Imperial College Press.
- [19] Mataix, Claudio. (1975). "*Turbomáquinas hidráulicas*". Primera edición. Editorial ICAI. Madrid, España.
- [20] Mataix, Claudio. (2001). "*Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*". Segunda edición, Oxford University Press, México D.F.
- [21] Morales Castillo, Raymundo. (2009). "*Determinación de las causas de cavitación en las bombas de agua caliente de la central geotermoeléctrica Cerro Prieto*". Tesis de maestría. Instituto politécnico nacional. México D.F.
- [22] Potter, M.; Wiggert, D. (1997). "*Mecánica de Fluidos*". Segunda edición. Prentice Hall. México.
- [23] Prasad, H., Dahlhaug, O. G. y Thapa, B. (2007). "*Alternative desing of Francis turbine for sand laden water*". En: International Conference on Small hydropower-hydro. Sri Lanka.
- [24] Qian, Z., Yang, J. y Huai, W (2007). "*Numerical simulation and analysis of pressure fluctution in Francis hydraulic turbine with air admision*". Journal of Hydropower-Hydro. Sri Lanka.
- [25] Roache, P. J. (1998). "*Verification and validation in computational science and engineering*". Hermosa Publishers, Nuevo Mexico.
- [26] Ruprecht, A., Heitele, M., Moser, W. y Aschenbrenner, T. (2000). "*Numerical simulation of a complete Francis turbine including unsteady rotor-estator interaction*". En: 20th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, Charlotte.

- [27] Shames, Irving H. (1995). *"Mecánica de Fluidos"*. Tercera edición. McGraw-Hill. Colombia.
- [28] Sick, M., Casey, M. V. y Galphin, P. F. (1996). *"Validation of stage calculation in a Francis turbine"*. En: Proceedings of the 18th Symposium on Hydraulic Machinery and Cavitation. Valencia.
- [29] Song, C. C. S., Chen, X., Ikohagi, T., Sato, J. Sinmei, K. y Tani, K. (1996). *"Simulation of flow through Francis turbine by LES method"*. En: Proceedings of the 18th Symposium on Hydraulic Machinery and Cavitation, págs. 267 – 276. Valencia.
- [30] Thapa, B. (1993). *"Evaluation sur modele reduit et prediction de la stabilite de fonctionnement des turbines Francis"*. Tesis doctoral. Ecole polytechnique feredale de Lausana.
- [31] Thapa, B. (2004). *"Sand erosion in hydraulic machinery"*. Tesis doctoral. Norwegian University of Science and Tecnology, Faculty of Engineering Science and Tecnology. Trondheim.
- [32] Thapa, B. , Chanduchary, P., Dahlhaug, O. G. y Upadhyay, P (2007). *"Study of combined effect on sand erosion and cavitation in hydraulic turbines"*. En: International conference on small hydropower-hydro. Sri Lanka.
- [33] Yabuki, A., Matsuwaki, K. y Matsumura, M. (1999). *"Critical imppact velocity in the solids particles impact erosion of metallic materials"*. Wear, vol. 3. págs. 564 - 573

[illegible]

## **ANEXO 2: DESIGNACIÓN DE COMISIÓN TÉCNICA**

- PROVEIDO PARA EL COMITÉ ASESOR
- ACUERDO DEL COMITÉ ASESOR



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

101

### EAP DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

#### PROVEIDO N° 134-EAPIMF-FCF-14

RECURRENTE : Bach. ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ

ASUNTO : Designación de la Comisión Técnica del Plan de Tesis:  
"Análisis, Cuantificación y Simulación de la Influencia del  
Fenómeno de Cavitación en una Turbina Francis"

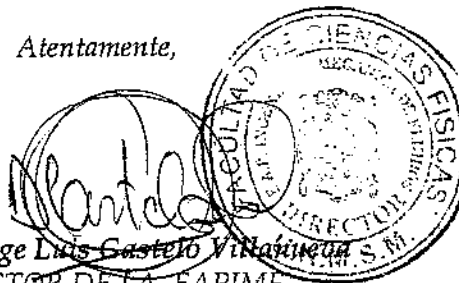
FECHA : 23/04/14

Señores

COMITÉ ASESOR DE LA EAPIMF

Visto el expediente presentado por el recurrente, mucho agradeceré a ustedes emitir su pronunciamiento sobre el particular y, luego, sirvanse devolver el expediente.

Atentamente,



Mg. Ing. Jorge Luis Gastelo Villanueva  
DIRECTOR DE LA EAPIMF

/lja





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
EAP – INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS  
COMITÉ ASESOR

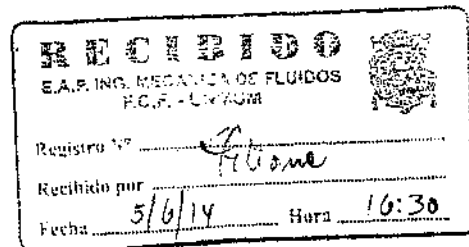
OFICIO Nº 147-CA-EAPIMF-FCF-2014

Ciudad Universitaria, 30 de mayo de 2014

Señor Mg Ing:  
JORGA GASTELO VILLANUEVA  
Director de la EAP Ingeniería Mecánica de Fluidos  
Facultad de Ciencias Físicas-UNMSM  
Presente.-

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para hacerle llegar el siguiente



ACUERDO DE COMITÉ ASESOR Nº 147-2014-CA-EAPIMF

VISTO:

- El Proveído Nº 134-EAPIMF-FCF-14 del Director de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos (EAPIMF), de fecha 23/04/14, consultando sobre solicitud de designación de Comisión Técnica para evaluar Plan de Tesis titulado "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACION DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS", presentado por el estudiante de la EAPIMF, ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, código de matrícula 01115059.
- El expediente del recurrente, Estudiante ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ.

CONSIDERANDO:

- Que, la solicitud del recurrente está amparada por el Art. 28 del Reglamento de Grados y Título de la Facultad de Ciencias Físicas de la UNMSM.
- Que, el recurrente cuenta con aval académico del Dr. Miguel Angel Ormeño Valeriano, docente del Departamento Académico de Ingeniería Mecánica de Fluidos (DAIMF).

De conformidad con las atribuciones que le confiere el Art. 105 del Estatuto de la UNMSM, el Comité Asesor de la EAP de Ingeniería Mecánica de Fluidos.

ACUERDA:

- Recomendar la designación del Dr. **MIGUEL ANGEL ORMEÑO VALERIANO**, docente del DAIMF, como Asesor de Tesis titulada "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACION DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS" que presenta el Estudiante ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ.
- Recomendar al Director de la EAPIMF recurrir a una Comisión Técnica para evaluar el mérito del precitado Proyecto de Tesis, designando a los siguientes docentes DAIMF para integrar dicha Comisión Técnica de evaluación:
  - Ing. Jose Juarez Céspedes (Presidente)
  - Dr. Miguel Angel Ormeño Valeriano (Asesor)
  - Ing. Benjamín Carlos Pedrosa Alanya (Miembro)
  - Ing. Mario Garcia Pérez (Miembro)

Atentamente,

ING. BERNARDINO SALVADOR ROJAS  
Miembro C.A.

ING. RAUL VARGAS RONCAL  
Miembro C.A.

Est. KELVIN FLORES GUEVARA  
Miembro C.A.

## **ANEXO 3: INFORMACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN DE TESIS**

- OFICIO CIRCULAR PARA LA COMISIÓN TÉCNICA
- OBSERVACIONES DE LOS MIEMBROS DE LA COMISIÓN TÉCNICA



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

CARGO

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE  
FLUIDOS

Ciudad Universitaria, 13 de junio de 2014

Oficio Circular N° 007-EAPIMF-FCF-14

Señor Ingeniero

Docente del DAIMF  
Presente.-

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y comunicarle que el Comité Asesor de la EAPIMF, mediante Acuerdo N° 147-2014-CA-EAPIMF del 30 de mayo del año en curso, lo ha designado Miembro de la Comisión Técnica para evaluar el Plan de Tesis: "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS" que presenta el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, por la Modalidad M-1.

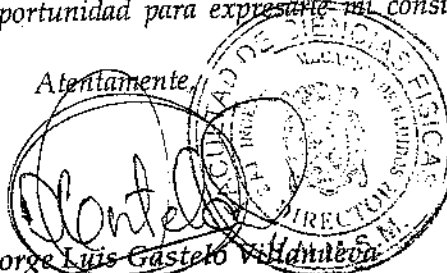
En tal sentido, adjunto al presente sírvase encontrar un ejemplar del Plan de Tesis para su revisión y, si fuera el caso, formulación de observaciones y emitir vuestra opinión dentro del plazo reglamentario de 15 días (Art. 30 del RGyT) de la FCF.

Hago de su conocimiento, que la Comisión Técnica está integrada por los siguientes docentes:

- |                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| ➤ Ing. José Juárez Céspedes           | (Presidente) |
| ➤ Dr. Miguel Ormeño Valeriano         | (Asesor)     |
| ➤ Ing. Benjamín Carlos Pedrosa Alanya | (Miembro)    |
| ➤ Ing. Mario García Pérez             | (Miembro)    |

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente,



Mg. Ing. Jorge Luis Gastelo Villanueva  
DIRECTOR DE LA EAPIMF

Recibido  
A 06/06/2014

Recibido  
22/06/2014

Recibido  
17 JUN 14  
/lja

Recibido  
06/07/14



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS

### DEPARTAMENTO ACADEMICO DE INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

Lima, 30 de Setiembre de 2014

Señor Doctor. Ing.  
CÉSAR ALEJANDRO QUISPE GONZÁLES  
Director (e) de la EAPIMF  
De la UNMSM  
Presente.-

Ref.: Oficio Circular N° 007 - EAPIMF - FCF-14

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted, para manifestarle que se ha revisado el Plan de Tesis "ANÁLISIS, CUANTIFICACION Y SIMULACION DE LA INFLUENCIA DEL FENOMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS" que presenta el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, por la Modalidad M-1

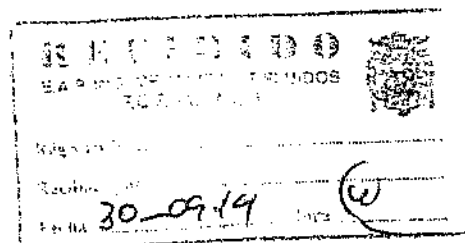
Al respecto debo informarle que el suscrito ha revisado el referido Plan de Tesis y ha hecho las observaciones respectivas, las cuales se han corregido y el texto final que se alcanza cumple con los requisitos.

Por tal motivo tengo a bien dar mi conformidad y recomiendo a su despacho su aprobación.

Sin otro particular me despido de Usted, no sin antes expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente

Ph.D Ing. ORMEÑO VALERIANO Miguel Angel  
Docente Asesor



Ciudad Universitaria 16 de setiembre de 2014

Señor Dr. Ing.

CÉSAR QUISPE GONZÁLES

Director (e) de la EAPIMF de la FCF-UNMSM

Presente.-


De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted a fin de saludarle y a la vez comunicarle que en atención al Oficio Circular N° 007 – EAPIMF – FCF – 2014 y en mi calidad de Miembro de la Comisión Técnica para evaluar el Plan de Tesis intitulado **"ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS"**, que presenta el Bachiller Roberto Luis Zegarra Velásquez con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la modalidad M – 1, he procedido a la revisión del referido documento encontrándole conforme y de acuerdo a las especialidades de la carrera de Ingeniería Mecánica de Fluidos.


En consecuencia, doy mi conformidad para que el citado Plan de Tesis sea desarrollado.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterarle mi estima personal.

Atentamente.

  
Ing. Mario A. García Pérez

Miembro de Comisión Técnica

<b>RECEBIDO</b>		
E.A.P. ING. MECÁNICA DE FLUIDOS FCF - UNMSM		
Registro N°	_____	
Recibido por	_____ <i>Liliana</i>	
Fecha	17/9/14	Hora 17:05

Ciudad Universitaria, 27 de junio de 2014

Señor Mag. Ing.

**JORGE GASTELO VILLANUEVA**

Director de la EAP Ingeniería Mecánica de Fluidos

Facultad de Ciencias Físicas-UNMSM

Pte.

Ref. : Oficio Circular N° 007-EAPIMF-FCF-14 del 13.06.2014

Es grato dirigirme a usted para manifestarle que se ha procedido a la revisión del **Plan de Tesis** "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS", presentado por el **Bach. Roberto Luis Zegarra Velasquez**, a fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M-1.

Al respecto, se ha procedido a su revisión determinando que el tema propuesto es un tema de la especialidad de Ingeniería Mecánica de Fluidos, por tal motivo, el suscrito lo **encuentra conforme** y recomienda su desarrollo.

Atentamente,

  
**ING. JOSE JUAREZ CESPEDES**  
Jurador Examinador

<b>RECIBIDO</b>	
E.A.P. ING. MECÁNICA DE FLUIDOS F.C.F. - UNMSM	
Registro N°	_____
Recibido por	<i>A. Liore</i>
Fecha	30/6/14 Hora 16:05

Ciudad Universitaria, 23 de Junio del 2014

Mg. Ing. Jorge Luis Gastelo Villanueva

Director de la EAPIMF

Presente.-

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarle y luego alcanzarle algunos puntos de vista respecto al Proyecto de Tesis de Grado, presentado por el señor Bachiller Roberto Luis Zegarra Velásquez con el título "ANÁLISIS, CUANTIFICACION Y SIMULACION DE LA INFLUENCIA DEL FENOMENO DE LA CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS" para optar el título de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M-1:

- 1.- El tema en si es interesante por el tenor del título que trata sobre Análisis Cuantificación y Simulación del fenómeno de la Cavitación en Turbina Francis, sin embargo no aparece entre sus considerandos el aspecto Cualitativo del fenómeno que lo considera tocarlo en el trabajo.
- 2.- En el índice tentativo que adjunta, aparece hasta en 4 ítems el término "Definición" que sería bueno limitar a una sola vez.
- 3.- Debe precisar si usara o no los datos tomados en la Central Hidroeléctrica de Cahua, si fuera afirmativo, entonces el ítem 3.1 debe referirse a la Turbina Francis de Cahua.
- 4.- El ítem 4. debe nominarse como "Simulación numérica de la Cavitación".

En lo demás, el tema desde mi punto de vista reúne las características para ser considerado como un tema de investigación, por su extensión, contenido e importancia.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente

  
Ing. Carlos Pedrosa Alanya  
MIEMBRO

EAPIMF	
EAPIMF INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS	
Calle 100, P.O. Box 100	
Registro N°	100
Fecha	23/6/14 Hora 16:00

## **ANEXO 4: LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES DEL PLAN DE TESIS**

- SOLICITUD DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES
- RESUMEN EJECUTIVO
- CARÁTULA TENTATIVA
- PLAN DE TESIS



Asunto: Levantamiento de observaciones de plan de tesis.

Dr. Ing. Cesar Quispe Gonzales.

Mediante la presente le hago llegar mis saludos, aprovechando para pedirle que se entregue mi levantamiento de observaciones de plan de tesis, a los respectivos jurados para que dicho plan siga con su curso documentario.

La entrega de plan de tesis debería hacerse a los siguientes docentes:

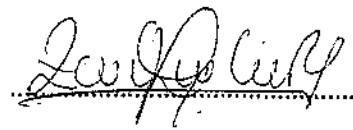
Ing. José Juárez céspedes (Presidente).

PhD. Ing. Miguel Ormeño Valeriano (Asesor).

Ing. Benjamín Pedrosa Alanya (Miembro).

Ing. Mario García Pérez (Miembro).

Agradeciendo su comprensión y esperando se realice mi pedido, me despido.



Roberto Zegarra Velásquez

## RESUMEN EJECUTIVO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Facultad de Ciencias Físicas

Director de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de Fluidos

Dr. Ing. Cesar Quispe Gonzales

Asesor:

Ph.D Ormeño Valeriano, Miguel

Autor de Tesis:

Zegarra Velásquez, Roberto Luis

---

**TESIS:** "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS"

### ➤ Descripción del problema:

Uno de los principales problemas de funcionamiento que aquejan a las Turbinas Francis es la cavitación, el estudio de este fenómeno nos proporcionará vital información que podrá ser tomada en cuenta para mejorar la eficiencia de una central hidroeléctrica, ya que obtendremos los puntos críticos de operación de las Turbinas Francis.

### ➤ Antecedente de la Investigación:

En marzo del año 2010 en la Faculty of Engineering Science and Technology de la Norwegian University of Science and Technology (NTNU) se presentó la tesis doctoral "*Sediment Erosion in Hydro Turbines*" esta tesis se basó con datos tomados en la central hidroeléctrica de Cahua, ubicada 200 km al norte de Lima (Pativilca), desarrollada por el ahora Doctor Hari Prasad Neopane, en la cual se realizó una investigación acerca del análisis numérico, sobre el efecto de la erosión producido por las partículas finas no sedimentadas en las turbomaquinarias. Este análisis se hizo usando como medio de trabajo el simulador ANSYS CFX.

### ➤ Objetivo de la Investigación:

Haciendo uso de la herramienta ANSYS 14.5 analizar, cuantificar y simular el fenómeno de la cavitación.

### ➤ Justificación:

En Perú una de las principales fuentes de energía eléctrica proviene de las centrales hidroeléctricas, el funcionamiento y la eficiencia de estas obras de ingeniería dependen de las condiciones de trabajo a las que sean sometidas tanto las estructuras como las máquinas hidráulicas que estén implicadas en el proceso.

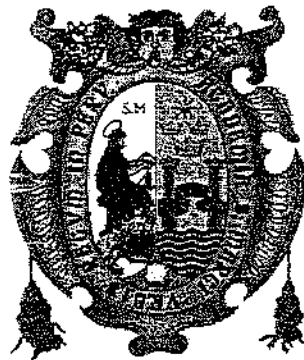
Al obtener el análisis de la cavitación en una turbina hidráulica, podremos reducir sus efectos planteando mejoras para el funcionamiento; además de reducir sus efectos también reducimos los efectos secundarios que esta produce, como las vibraciones.

Lima, 20 de octubre de 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS



**“ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA  
DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS”**

Tesis para optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO DE FLUIDOS

**Zegarra Velásquez, Roberto Luis**

Dr. Ormeño Valeriano, Miguel Angel  
Ph.D Ingeniería mecánica

LIMA – PERÚ  
2014

## INDICE

- I. TITULO
- II. DESCRIPCION DEL PROYECTO
  - 1. INTRODUCCION
  - 2. FORMULACION
- III. MARCO TEORICO
  - 1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION
  - 2. OBJETIVOS
    - 2.1 Objetivo general
    - 2.2 Objetivos específicos
  - 3. JUSTIFICACION
  - 4. HIPOTESIS
  - 5. VARIABLES
    - 5.1 Variables independientes
    - 5.2 Variables dependientes
- IV. METODOLOGIA
  - 1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACION
  - 2. VALIDACION MEDIANTE SOFTWARE
  - 3. POBLACION
  - 4. MUESTRA
  - 5. TECNICAS E INSTRUMENTOS, FUENTES E INFORMANTES
  - 6. LIMITACIONES
- V. ADMINISTRACION DEL TRABAJO DE INVESTIGACION
  - 1. RECURSOS
    - 1.1 HUMANOS
    - 1.2 MATERIALES
  - 2. FINANCIAMIENTO
  - 3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES
- VI. INDICE TENTATIVO PARA LA TESIS
- VII. REFERENCIAS

## INDICE

### I. TITULO:

"ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS"

### II. DESCRIPCION DEL PROYECTO

#### 1. INTRODUCCION:

La producción de energía eléctrica es importante tanto para el uso cotidiano de los habitantes de una ciudad, como para el desarrollo industrial de la misma. Como bien se sabe los recursos que tenemos en el Perú para generarla son muy amplios, en el ámbito de la energía hidráulica, pero el único porcentaje de recursos hídricos aprovechados es aproximadamente el 5%.

Debido a que tenemos muchos recursos no aprovechados, es necesario que los pocos explotados generen un gasto accesible al consumidor, esto es posible siempre y cuando la energía transformada genere un gasto accesible a la empresa que la provea.

El presente trabajo pretende buscar posibles soluciones para lograr la optimización de las centrales hidroeléctricas, analizando uno de los problemas más frecuentes, como la cavitación, ya que este es uno de los responsables que la eficiencia de las turbinas disminuya considerablemente, haciendo que el mantenimiento sea más frecuentemente, y generando innumerables gastos, ya que este fenómeno viene acompañado de ciertos problemas como vibraciones y exceso de ruido.

## 2. FORMULACION

Actualmente la central hidroeléctrica Cahua, ubicada 200 km al norte de Lima (Pativilca), cuenta con un estudio de la influencia de sólidos finos desarrollado por el Doctor Hari Prasad Neopane, pero este estudio debería ser complementado con un estudio de influencia de la cavitación para de esta forma lograr una mayor eficiencia de las turbinas usadas en dicha central (2 turbinas Francis).

En el taller de maestranza ubicado frente a la central hidroeléctrica de Moyopampa, hay una pieza de una de las turbinas Francis, conocida como plancha de sacrificio, usada en la central Cahua, en la que se puede apreciar claramente el daño producido por los sólidos y por la cavitación, la medida tomada para contrarrestar este problema presentado fue adjudicar el estudio en el año 2010 a un estudiante de la Faculty of Engineering Science and Technology de la Norwegian University of Science and Technology (NTNU), como parte de una tesis doctoral, pero debido a lo amplio del problema, esta tesis se basó únicamente al estudio de la influencia de los sólidos finos, dando una solución parcial del problema.

La finalidad de este estudio es optimizar la eficiencia de la central hidroeléctrica haciendo un análisis exhaustivo de la influencia de la cavitación, acompañado de una simulación usando el software ANSYS 14.5 el cual nos proporcionará una visión gráfica de las zonas afectadas por este fenómeno, de esta manera se podrá dar una mayor eficiencia de la central y en consecuencia una mayor productividad, tomando en cuenta las conclusiones del presente trabajo.

### III. MARCO TEORICO

#### 1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION:

En marzo del año 2010 en la Faculty of Engineering Science and Technology de la Norwegian University of Science and Technology (NTNU) se presentó la tesis doctoral *"Sediment Erosion in Hydro Turbines"* esta tesis se basó con datos tomados en la central hidroeléctrica de Cahua, ubicada 200 km al norte de Lima (Pativilca), desarrollada por el ahora Doctor Hari Prasad Neopane, en la cual se realizó una investigación acerca del análisis numérico, sobre el efecto de la erosión producido por las partículas finas no sedimentadas en las turbomaquinarias. Este análisis se hizo usando como medio de trabajo el simulador ANSYS CFX y como algunas de sus conclusiones se llegó a que: *"La simulación numérica realmente se puede utilizar de una manera predictiva. Esta información puede servir como insumo en una etapa temprana del proceso de diseño de la turbina para identificar las regiones en las que sea necesario un tratamiento especial de la superficie con el fin de aumentar la vida útil de los componentes para los nuevos proyectos hidroeléctricos que impliquen riesgos de erosión de los sedimentos"*.

En el año 2012 en la *"TIM International Conference -2012"* se presentó la investigación *"Innovative Design of Francis Turbine for Sediment laden Water"*, desarrollada por Krishna Prasad Shrestha, Bhola Thapa, Ole Gunnar Dahlhaug, Hari P. Neopane, Biraj Singh Thapa en conjunto por el *Dept. Mechanical Engineering, Kathmandu University (Nepal)* y el *Dept. Energy&Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology (Noruega)* en la cual se investigó acerca una forma de innovar las turbinas Francis con el fin de reducir el efecto de los sedimentados en ellas. Este análisis se hizo usando como medio de trabajo el simulador ANSYS CFX y como algunas de sus conclusiones se llegó a que: *"El problema de la erosión en la turbina Francis debido al agua cargada de arena no puede detenerse por completo con la tecnología actual, pero se puede minimizar de manera económicamente razonable. El uso de Finite Element Method (FEM) y computational fluid dynamics (CFD) ha reducido el tiempo y proceso de diseño y simulación"*.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general:**

Analizar, cuantificar y simular el fenómeno de la cavitación, haciendo uso de la herramienta ANSYS 14.5.

### **2.2 Objetivos específicos:**

Los objetivos específicos buscados son los siguientes:

- a) Analizar los datos recopilados en la central hidroeléctrica para su posterior comparación con los obtenidos con la simulación.
- b) Simulación de una Turbina Francis con el simulador ANSYS 14.5 teniendo en cuenta las dimensiones de la turbina usada en la central hidroeléctrica como también sus condiciones de operación.
- c) Validar la simulación haciendo comparaciones entre los resultados obtenidos en la recopilación de datos y la simulación realizada con el simulador ANSYS 14.5.

## **3. JUSTIFICACION**

La presente investigación se justifica en la necesidad de aumentar la eficiencia y productividad de la central hidroeléctrica Cahua, así como aminorar los costos de operación de la misma. Este proceso podría lograrse con el alargamiento de la vida útil de las turbinas y la reducción de paradas por mantenimiento.

## **4. HIPOTESIS:**

Los resultados obtenidos con el simulador ANSYS 14.5, al simular la Turbina Francis usando las dimensiones y condiciones de operación, deben ser lo suficientemente confiables para validar la simulación.

## **5. VARIABLES**

### **5.1 Variables independientes**

- Caudal.
- Altura.
- Geometría de la turbina.



## **5.2 Variables dependientes**

- Coeficiente de Thoma.
- Análisis en función a las condiciones de trabajo.

## **IV. METODOLOGIA**

### **1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACION**

En primera instancia se realizará la recopilación de información, luego se procederá a la revisión teórica de los elementos implicados en el estudio, turbomaquinaria, uso de métodos numéricos, métodos de turbulencia, cavitación, entre otros.

Se procederá a la respectiva fundamentación teórica y a la validación del software ANSYS 14.5, haciendo una comparación de resultados experimentales y teóricos.

Se realizará el análisis y simulación de la cavitación usando las condiciones de trabajo de la central hidroeléctrica Cahua y realizando un análisis exhaustivo de los resultados. Finalmente se presentarán las conclusiones y recomendaciones tomando en cuenta los resultados obtenidos.

### **2. VALIDACION MEDIANTE SOFTWARE**

Se realizará una validación basada en estudios hechos con anterioridad sobre temas de cavitación, los mismos que fueron analizados con el software ANSYS y se hallan comprobado con valores experimentales.

### **3. POBLACION**

Central hidroeléctrica de Cahua, ubicada en el Departamento de Lima, Provincia de Cajatambo, Distrito de Manas, Localidad Cahua, la cual abastece al Sistema eléctrico interconectado nacional SEIN.

### **4. MUESTRA**

Turbinas usadas en la central hidroeléctrica Cahua, teniendo en cuenta que se analizarán todos los componentes que estas implican, rodete, álabes, caja espiral, entre otros.

## **5. TECNICAS E INSTRUMENTOS, FUENTES E INFORMANTES**

- Organismo supervisor de la inversión en energía OSINERG.
- Análisis de tesis, papers, monografías y demás estudios realizados referentes a la cavitación.
- Recolección de libros, catálogos y revistas sobre cavitación en turbomaquinaria y centrales hidroeléctricas.
- Búsqueda de páginas de internet en donde se encuentren estudios realizados anteriormente y que sean relativos al tema de estudio.

## **6. LIMITACIONES:**

Este estudio requiere de un costo computacional muy alto, es por este motivo que se buscará hacer todas las simplificaciones posibles, pero con un buen criterio de manera que no se distorsionen los resultados obtenidos, como reducir el número de elementos en el momento de hacer la discretización y ajustar el modelo de turbulencia usado.

## **V. ADMINISTRACION DEL TRABAJO DE INVESTIGACION**

### **1. RECURSOS**

#### **1.1 HUMANOS**

La presente tesis será realizada por Roberto Luis Zegarra Velásquez, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica de Fluidos, en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

#### **1.2 MATERIALES**

Libros, software ANSYS 14.5, tesis realizadas con anterioridad.

## **2. FINANCIAMIENTO:**

Este trabajo será autofinanciado económicamente por el autor, esto quiere decir que todos los gastos serán asumidos íntegramente por él, sin auspicios de ninguna empresa o ente particular, ni estatal.

## **3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

El cronograma adjunto muestra el tiempo requerido para el proceso de la investigación a realizar.

## **VI. INDICE TENTATIVO PARA LA TESIS**

### **TITULO:**

“ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS”

## **RESUMEN**

### **1 INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Justificación**

#### **1.2 Antecedentes**

#### **1.3 Objetivos**

##### **1.3.1 Objetivo general**

##### **1.3.2 Objetivos específicos**

##### **1.3.3 Hipótesis**

### **2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1 Turbinas hidráulicas**

##### **2.1.1 Conceptos básicos**

###### **2.1.1.1 Caudal**

###### **2.1.1.2 Altura neta**

###### **2.1.1.3 Número específico**

###### **2.1.1.4 Rendimiento**

2.1.1.5 Triángulo de velocidades

2.1.2 Definición

2.1.3 Clasificación

2.1.3.1 Turbinas de reacción

2.1.3.2 Turbinas de acción

2.1.3.3 Turbinas mixtas

## **2.2 Turbina Francis**

2.2.1 Partes de una turbina Francis

2.2.1.1 Caracol

2.2.1.2 Distribuidor

2.2.1.3 Rodete

2.2.1.4 Difusor

## **2.3 Cavitación**

2.3.1 Tipos de cavitación

2.3.2 Influencia de la cavitación en las turbinas Francis

## **2.4 Comparación entre erosión por cavitación y erosión por fricción de sólidos finos**

# **3 RECOPIACIÓN DE DATOS**

3.1 Condiciones de operación de la turbina Francis

3.2 Cuantificación del deterioro de álabes

3.3 Condiciones de mantenimiento de la turbina Francis

# **4 SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA CAVITACIÓN**

4.1 Descripción del simulador

4.2 Perfil del álabe de una turbina Francis

4.3 Descripción de la malla

4.4 Condiciones de frontera

4.5 Diseño de la turbina hidráulica

4.6 Solución numérica

# **5 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y SIMULACIÓN**

5.1 Análisis de datos tomados

5.2 Simulación del perfil del álabe de 1ª turbina Francis

5.3 Modelo matemático

5.4 Análisis de resultados de la simulación

## **6 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS**

6.1 Cuantificación de los resultados de la simulación

6.2 Comparación entre la cuantificación tomada inicialmente y la cuantificación de la simulación

6.3 Validación de la simulación y del modelo matemático

## **7 CONCLUSIONES**

## **8 RECOMENDACIONES**

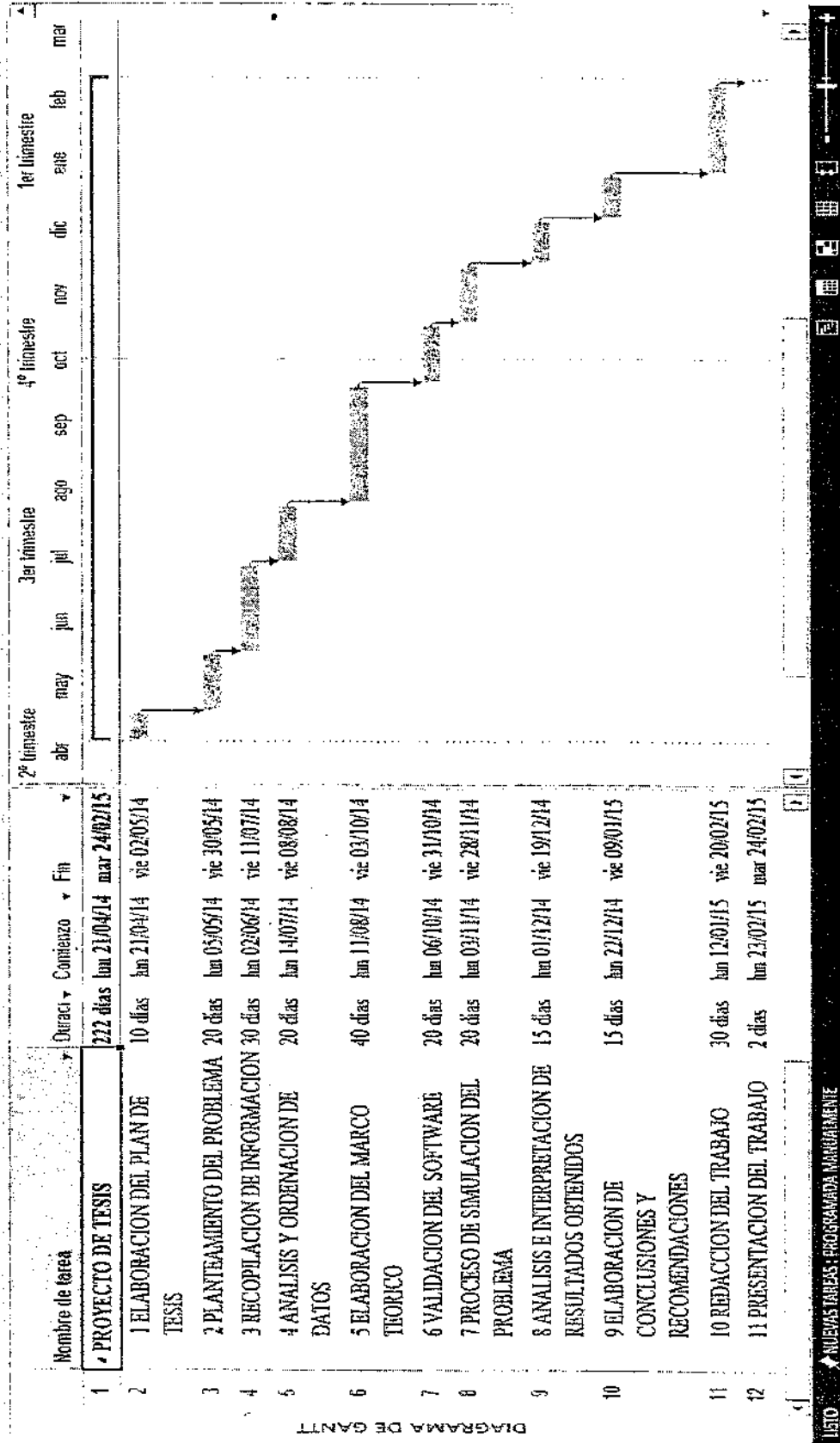
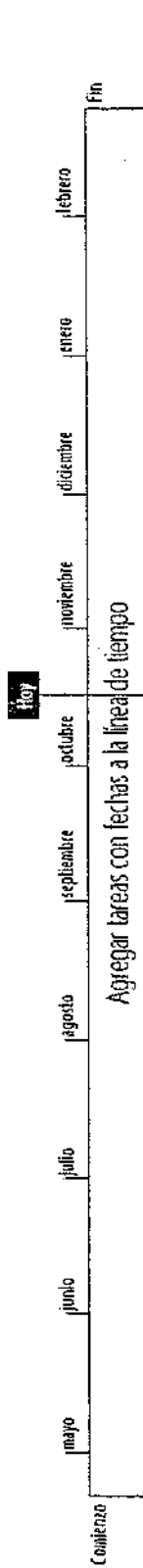
## **9 BIBLIOGRAFIA**

## **10 CRONOGRAMA EN MS PROJECT**

## **11 ANEXOS**

## VII. REFERENCIAS

- [1] Anderson, J.D.. (1995). *"Computational fluid dynamics: the basics with applications"*. McGraw-Hill. Nueva York.
- [2] Ariel R. Marchegiani (2006). *"Cavitación"*. Universidad Nacional del Comahue.
- [3] Avellan, F. (2000). *"Introduction to cavitation in hydraulic machinery"*. En: 6th International conference on hydraulic machinery and hydrodynamics, págs. 11 – 22. Timisoara.
- [4] Ait-Buiziad, Y. (2006). *"Physical modelling of leading edge cavitation: computation methodologies and application to hydraulic machinery"*. Tesis doctoral. Ecole polytechnique feredale de Lausana.
- [5] Casey, M. V. (2002). *"Validation of turbulence models for turbomachinery flows: a review"*. En: Engineering turbulence modelling and experiments 5, proceedings of the 5th International symposium on Engineering turbulence modelling and measurements. Elsevier. Mallorca.
- [6] Fernández Oro, Jesús Manuel. (2012). *"Técnicas numéricas en ingeniería de fluidos: Introducción a la dinámica de fluidos computacional (CFD) por el método de volúmenes finitos"*. Barcelona. Editorial Revete.
- [7] Huth, H. J. (2005). *"Fatigue desing of hydraulic turbine runners"*. Tesis doctoral. Norwegian University of Science and Tecnology. Trondheim.
- [8] Ivanchenko, I., Shemelkov, L., Pupko, T., Timashkov, A. y Vapnik, B. (1981). *"Stress strain state of Francis turbine blades"*. Plenum Publishing Corporation, vol. 15, num. 12, págs. 29 – 33.
- [9] L. Quantz. (1961). *"Motores hidráulicos: Elementos para el estudio, construcción y cálculo de las instalaciones modernas de fuerza hidráulica"*. Quinta edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- [10] Mataix, Claudio. (1975). *"Turbomáquinas hidráulicas"*. Primera edición. Editorial ICAI. Madrid, España.
- [11] Mataix, Claudio. (2001). *"Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas"*. Segunda edición, Oxford University Press, México D.F.



## **ANEXO 5: ENTREGA DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A LA COMISIÓN TÉCNICA**

- OFICIO CIRCULAR DE LEVANTAMIENTO DE  
OBSERVACIONES PARA LA COMISIÓN TÉCNICA
- PRONUNCIAMIENTO DE LOS MIEMBROS DE LA  
COMISIÓN TÉCNICA QUE COLOCARON LAS  
OBSERVACIONES





# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

CARGO

### ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

Ciudad Universitaria, 14 de noviembre de 2014

#### Oficio Circular N° 016-EAPIMF-FCF-14

Señor Ingeniero

Docente del DAIMF

Presente.-

REF: Levantamiento de Observaciones del Plan de Tesis del Bach. Roberto Zegarra Velásquez solicitado por el Ing. Carlos Pedrosa Alanya

De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y en atención al asunto en referencia alcanzarle adjunto al presente un ejemplar del levantamiento de observaciones del Plan de tesis "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS", presentado por el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, por la Modalidad M-1.

Hago de su conocimiento, que la Comisión Técnica está integrada por los siguientes docentes:

- |                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| > Ing. José Juárez Céspedes   | (Presidente) |
| > Dr. Miguel Ormeño Valeriano | (Asesor)     |
| > Ing. Carlos Pedrosa Alanya  | (Miembro)    |
| > Ing. Mario García Pérez     | (Miembro)    |

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente,

*hlp*  
C.R.R.  
14 NOV 14

*[Firma]*  
02-12-14

*César Quispe González*  
Dr. Ing. César Quispe González  
DIRECTOR DE LA EAPIMF

*[Firma]*  
07/07/2015

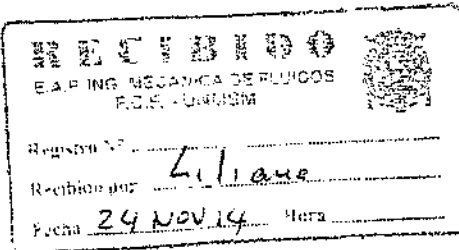
*[Firma]*  
27/05/2015

Ciudad Universitaria, 24 de Noviembre del 2014

Señor Dr. Ing. Cesar Quispe Gonzales  
Director (e) de la EAPIMF de la Universidad  
Nacional Mayor de San Marcos

Presente.-


De mi mayor consideración:



Tengo el agrado de saludarle muy cordialmente y luego manifestarle que he visto la documentación del levantamiento de observaciones efectuada por el Sr. **ROBERTO LUIS ZEGARRA VELASQUEZ** sobre el tema de Tesis titulada **"ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS"**, el cual lo encuentro afín a la especialidad y en consecuencia puede, desde mi punto de vista proseguir los trámites subsiguientes con miras a una futura sustentación. Sin embargo solo por razones de ubicación el ítem 2.3 CAVITACIÓN de su índice tentativo puede colocarlo en primer lugar, ya que se trata del tema fundamental del trabajo.

Aprovecho de la oportunidad para alcanzarle los sentimientos de mi mayor consideración y estima personal.

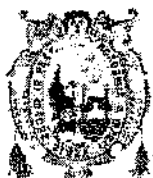
Atentamente



Ing. Carlos Pedrosa Alanya  
Miembro del Jurado

## **ANEXO 6: CAMBIO DE TÍTULO (EN CASO DE SER NECESARIO)**

- SOLICITUD DE CAMBIO DE TÍTULO POR PARTE DEL ASESOR



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS

### DEPARTAMENTO ACADEMICO DE INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

Lima, 15 de Junio de 2015

Señor Doctor. Ing.  
CÉSAR ALEJANDRO QUISPE GONZÁLES  
Director (e) de la EAPIMF  
De la UNMSM  
Presente.-

E.A.P. ING. MEC. DE FLUIDOS	
R.C. G. - UNMSM	
Nº	
Fecha	15/06/15
Hora	6:20 pm

Ref.: Oficio Circular N° 016-EAPIMF-ECF-14

De mi mayor consideración:

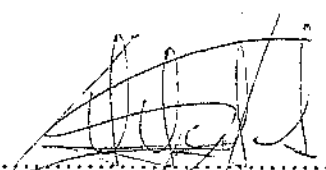
Es grato dirigirme a usted, para manifestarle que se ha revisado el plan Tesis y lo que respecta al título "ANÁLISIS, CUANTIFICACION Y SIMULACION DE LA INFLUENCIA DEL FENOMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS", debo informarle que recomiendo realizar el cambio al siguiente título de Plan de Tesis, "ANALISIS Y SIMULACION FLUIDODINAMICA DEL FENOMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS" que presenta el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELASQUEZ, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, por la Modalidad M-1.

El cambio obedece al alcance de la simulación fluidodinámica, que como herramienta nos da ventajas gracias a la visualización virtual. De esta manera podemos abordar el fenómeno de cavitación y establecer puntos de comparación que es de interés en la presente Tesis de investigación.

Cabe mencionar que el cambio de Título de la Tesis no implica modificación alguna en los objetivos específicos en el Plan de Tesis presentado y aprobado por la Comisión Técnica que en su oportunidad reviso el plan de Tesis.

Sin otro particular me despido de Usted, no sin antes expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente

  
Ph D Ing. ORMEÑO VALERIANO Miguel Angel  
Docente Asesor

## **ANEXO 7: PRESENTACIÓN FINAL DE LA TESIS**

- CARTA DE PRESENTACIÓN POR PARTE DEL ASESOR
- SOLICITUD DE DESIGNACIÓN DE JURADO EXAMINADOR Y PRONUNCIONAMIENTO RESPECTO AL CAMBIO DE TÍTULO (EN CASO DE HABERLO HECHO)
- ENTREGA DE VOLÚMENES DE TESIS

<b>RECIBIDO</b>	
E.A.P. ING. MECÁNICA DE FLUIDOS F.C.F. - UNMSM	
Registro N°	
Recibido por	<i>Anton Quispe</i>
Fecha	<i>01/07/15</i>
Hora	<i>20.00</i>

## CARTA DE PRESENTACION DE TESIS

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

Facultad de Ciencias Físicas

**Dr. Ing. César Alejandro Quispe Gonzales**

Director de la EAP de Ingeniería Mecánica de Fluidos

Yo Ph D Ing. Miguel Angel Ormeño Valeriano profesor Asociado de la E.A.P. Ingeniería Mecánica de Fluidos, mediante la presente doy conformidad a la Tesis Titulada: "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS", elaborada por el Bachiller ROBERTO LUIS ZAGARRA VELASQUEZ, la misma que se ha desarrollado satisfactoriamente cumpliendo con las exigencias y los requerimientos necesarios para llegar a la etapa de revisión y posterior sustentación.

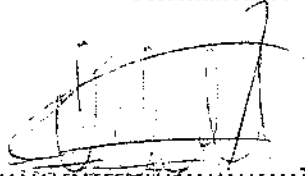
Se debe indicar que durante la elaboración de la tesis, se vio por conveniente modificar el título. inicial, el mismo que fue "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE UNA TURBINA FRANCIS", indicando además que el cambio de Título de la Tesis no implica modificación alguna en los objetivos específicos en el Plan de Tesis presentado y aprobado por la Comisión Técnica que en su oportunidad reviso el plan de Tesis.

Emito la presente carta para que se revise el formato final de la tesis en mención.

Sin otro particular me despido de Usted, no sin antes expresarle mi consideración y estima personal.

Lima 01 de Julio del 2015

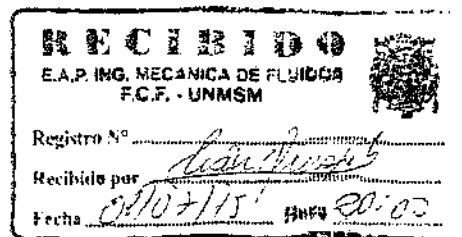
Atentamente



Ph D Ing. ORMEÑO VALERIANO Miguel Angel  
Docente Asesor

Dr. Ingeniero César Alejandro Quispe Gonzales

Director de la E.A.P. Ingeniería Mecánica de Fluidos



Mediante la presente me dirijo a usted para manifestarle que luego de ser aprobado mi plan de tesis he cumplido con la elaboración de la tesis "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE UNA TURBINA FRANCIS" el mismo que, de acuerdo con el asesor, se vio por conveniente modificarlo a "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS".

Debo indicar que dicha modificación del título no conlleva a la modificación de los objetivos descritos en el plan de tesis presentado.

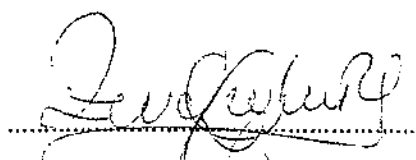
En este sentido, mucho agradeceré se sirva designar al jurado examinador de tesis, para que tengan a bien hacer la observación y/o sugerencia pertinentes, solicitando a la vez se sirvan dar la conformidad del cambio de título.

Agradeciéndolo su atención y esperando se proceda con lo solicitado, me despido.

Adjunto:

- 4 copias a color de la tesis para su revisión.
- Carta de presentación de tesis del Asesor.

Lima, 01 de Julio del 2015

  
Roberto Luis Zegarra Velásquez  
DNI: 41479234

## **ANEXO 8: DESIGNACIÓN DE JURADO EXAMINADOR**

- PROVEIDO PARA EL JURADO EXAMINADOR
- ACUERDO DEL COMITÉ ASESOR PARA  
DESIGNACIÓN DE JURADO EXAMINADOR





# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### EAP DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

#### PROVEIDO N° 152-EAPIMF-FCF-15

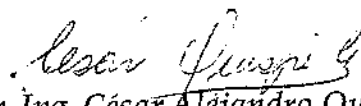
RECURRENTE : Bach. ROBERTO LUIS ZEGARRA VELASQUEZ  
CODIGO : 01115059  
ASUNTO : Designación de Jurado Examinador de la Tesis:  
"Análisis y Simulación Fluidodinámica del Fenómeno de  
Cavitación en una Turbina Francis"  
FECHA : 1°/07/15

Señores

COMITÉ ASESOR DE LA EAPIMF

Visto el expediente presentado por el recurrente, agradecer a ustedes emitir su pronunciamiento sobre la Designación de Jurado Examinador de la Tesis "Análisis y Simulación Fluidodinámica del Fenómeno de Cavitación en una Turbina Francis", Modalidad de Titulación M-1 (Por Sustentación y Aprobación de Tesis Profesional).

Atentamente,

  
Dr. Ing. César Alejandro Quispe Gonzales  
DIRECTOR (e) DE LA EAPIME





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
EAP – INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS  
COMITÉ ASESOR

Ciudad Universitaria, 10 de agosto de 2015

**OFICIO N° 167-CA-EAPIMF-FCF-2014**

Señor Dr. Ing.  
**CESAR QUISPE GONZÁLES**  
Director (e) de la EAP Ingeniería Mecánica de Fluidos  
Facultad de Ciencias Físicas - UNMSM  
Presente.-

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para hacerle llegar el siguiente

**ACUERDO DE COMITÉ ASESOR N° 167-CA-EAPIMF-2015**

**VISTO:**

- El Proveído N° 153-EAPIMF-FCF-15 del Director de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos (EAPIMF), de fecha 1/07/15, solicitando designación de Jurado Examinador de la tesis titulado "ANÁLISIS Y SIMULACION FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACION DE UNA TURBINA FRANCIS", presentado por el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ.
- El expediente del recurrente, Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ.

**CONSIDERANDO:**

- Que, el Comité Asesor de la EAPIMF, mediante acuerdo N° 147-2014-CA-EAPIMF de 30/05/14, recomendó la designación de una Comisión Técnica para evaluar el mérito del Proyecto de Tesis presentado por el entonces estudiante ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, bajo el título de "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACION DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS".
- Que, el Director de la EAPIMF designó la Comisión Técnica integrada por: Ing. José Juárez Céspedes (Presidente), Dr. Miguel Angel Ormeño Valeriano (Asesor), Ing. Benjamín Carlos Pedrosa Alanya (Miembro), Ing. Mario García Pérez (Miembro).
- Que, todos los integrantes de la Comisión Técnica manifestaron su opinión favorable al Proyecto de Tesis hasta el 24 de noviembre de 2014.
- Que, el 15 de junio de 2015, el Asesor de la tesis recomendó cambiar el título del Proyecto de Tesis para "ANÁLISIS Y SIMULACION FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS".

De conformidad con las atribuciones que le confiere el Art. 105 del Estatuto de la UNMSM, el Comité Asesor de la EAP de Ingeniería Mecánica de Fluidos.

**ACUERDA:**

- Recomendar que los integrantes de la Comisión Técnica presenten sus argumentos y su conformidad sobre el cambio de título de Proyecto de Tesis de: ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACION DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS a "ANÁLISIS Y SIMULACION FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS". Asimismo, se recomienda que los integrantes de la Comisión Técnica opinen si se ha cumplido los objetivos de la investigación planteado en el proyecto original.
- Designar Jurado Examinador de Tesis titulada "ANÁLISIS Y SIMULACION FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS", presentada por el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, a los siguientes docentes del DAIMF:
  - Ing. Jose Juarez Céspedes (Presidente)
  - Dr. Miguel Angel Ormeño Valeriano (Asesor)
  - Ing. Benjamín Carlos Pedrosa Alanya (Miembro)
  - Ing. Mario García Pérez (Miembro)

continúa ...




UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
EAP – INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS  
COMITÉ ASESOR


---

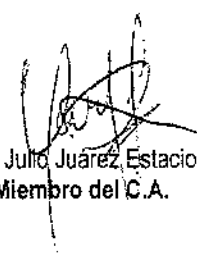
... continuación de ACUERDO DE COMITÉ ASESOR N° 167-CA-EAPIMF-2015

3. Recomendar al Director de la EPIMF dar cumplimiento del presente acuerdo.

Atentamente,

  
MSc. Ing. Bernardino Salvador Rojas  
Miembro del C.A.

  
Ing. Guido A. Rozas Olivera  
Miembro del C.A.

  
Est. Julio Juárez Estacio  
Miembro del C.A.

## **ANEXO 9: REVISIÓN DEL JURADO EXAMINADOR**

- OFICIO CIRCULAR PARA EL JURADO EXAMINADOR
- PRONUNCIAMIENTO Y OBSERVACIONES DEL JURADO EXAMINADOR



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

CARGO

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

Ciudad Universitaria, 11 de agosto de 2015

Oficio Circular N° 013-EAPIMF-FCF-15

Señor Ingeniero

Docente del DAIMF  
Presente.-

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y comunicarle que el Comité Asesor de la EAPIMF, mediante Acuerdo N° 167 -2015-CA-EAPIMF del 10 de agosto del año en curso, lo ha designado Miembro del Jurado Examinador de tesis: "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS", que presenta el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, por la Modalidad M-1.

En tal sentido, adjunto al presente sírvase encontrar un ejemplar de la tesis para su revisión y, si fuera el caso, formulación de observaciones y emitir vuestra opinión dentro del plazo reglamentario de 15 días (Art. 30 del RGyT) de la FCF.

Mucho agradeceré se sirva también opinar sobre el cambio de Título de la tesis que inicialmente fue "ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS" y si es que se modifican los objetivos específicos de la misma.

Hago de su conocimiento, que el Jurado Examinador está integrado por los siguientes docentes:

- |                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| ➤ Ing. José Juárez Céspedes           | (Presidente) |
| ➤ Ing. Miguel Ormeño Valeriano        | (Asesor)     |
| ➤ Ing. Benjamín Carlos Pedrosa Alanya | (Miembro)    |
| ➤ Ing. Mario García Pérez             | (Miembro)    |

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente,

Dr. Ing. César Alejandro Quispe Gonzales  
DIRECTOR (e) DE LA EAPIMF



Ciudad Universitaria, 19 de agosto de 2015

Señor Dr. Ing.

**CESAR ALEJANDRO QUISPE GONZALES**

Director de la EAP Ingeniería Mecánica de Fluidos

Facultad de Ciencias Físicas – UNMSM

Presente.-

Tengo el agrado de saludarle muy cordialmente y luego con respecto a su Oficio Circular N° 013 – EAPIMF-FCF-15, agradecerle por mi nominación como miembro del Jurado Examinador de la Tesis presentada por el Sr. Bachiller Roberto Luis Zegarra Velasquez Titulada “ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS” con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M-1, he procedido a la revisión del referido documento encontrándole conforme y sin ninguna observación que realizar.

En opinión al cambio realizado al título inicial “ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS”, no se ha encontrado ninguna variación en los objetivos específicos iniciales del tema, por lo cual encuentro aceptable la modificación realizada.

Respecto a la revisión del volumen, le manifiesto que he encontrado al trabajo apto en cuanto a su extensión, profundidad y contenido, pudiendo en consecuencia ser sustentado en fecha y hora que usted se sirva programar.

Aprovecho la oportunidad para alcanzarle los sentimientos de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente,

.....  
Ing. Carlos Pedrosa Alanya

Miembro del Jurado Examinador

RECEBIDO	
E.A.P. ING. MECÁNICA DE FLUIDOS	
F.C.F. - UNMSM	
Registro N°	.....
Recibido por	<i>Fili...</i>
Fecha	19/08/15
Hora	17:00

Ciudad Universitaria, 18 de agosto de 2015

Señor Dr. Ing.

**CESAR ALEJANDRO QUISPE GONZALES**

Director de la EAP Ingeniería Mecánica de Fluidos

Facultad de Ciencias Físicas – UNMSM

Pte.

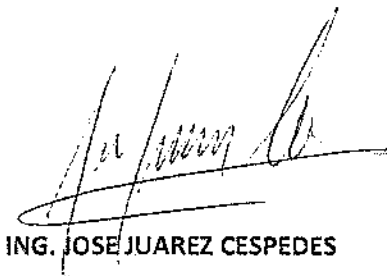
Ref. : Oficio Circular N° 013 – EAPIMF-FCF-15

Es grato dirigirme a usted para manifestarle que se ha procedido a la revisión de la Tesis “ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS”, presentado por el **Bach. Roberto Luis Zegarra Velasquez**, a fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M-1.

Cabe mencionar que se modificó el título inicial “ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS”, esta modificación no implicó la variación de los objetivos específicos del tema, por lo cual doy conformidad a este cambio realizado.


Al respecto de la revisión efectuada, el suscrito lo encuentra **conforme** y recomienda su sustentación en la oportunidad que sea conveniente.

Atentamente,



ING. JOSE JUAREZ CESPEDES

Presidente del Jurado Examinador

13 17 08 12 13 05	
EAP INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS	
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS	
Registro N°	131708121305
Recibido por	Ing. Juarez
Fecha de recibo	18/08/15
19-08	

✓

Ciudad Universitaria, 17 de agosto de 2015

Señor Dr. Ing.

**CESAR ALEJANDRO QUISPE GONZALES**

Director de la EAP Ingeniería Mecánica de Fluidos

Facultad de Ciencias Físicas – UNMSM

Presente.-

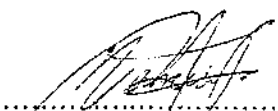
Tengo el agrado de dirigirme a usted a fin de saludarle y a la vez comunicarle que en atención al Oficio Circular N° 013 – EAPIMF-FCF-15 y en mi calidad de Miembro Examinador de la Tesis titulada “ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS”, que presentada el **Bachiller Roberto Luis Zegarra Velasquez**, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M-1, he procedido a la revisión del referido documento encontrándole conforme y sin ninguna observación que realizar.

Haciendo mención al cambio del título inicial, el mismo que fue: “ANÁLISIS, CUANTIFICACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS”, este cambio no generó ninguna variación en los objetivos específicos inicialmente planteados, por lo cual doy conformidad a esta modificación realizada.

En consecuencia, manifiesto que la citada tesis cumple con todos los requisitos para ser sustentada en la fecha y hora que se considere oportuna.

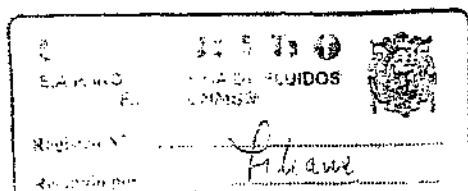
Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterarle mi estima personal.

Atentamente,



Ing. Mario A. García Pérez

Miembro del Jurado Examinador







# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS

### DEPARTAMENTO ACADEMICO DE INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

Señor Doctor. Ing.  
CÉSAR ALEJANDRO QUISPE GONZÁLES  
Director (e) de la EAPIMF  
De la UNMSM  
Presente.-

Lima, 17 de Agosto de 2015

<b>RECIBIDO</b>	
E.A.P. ING. MECANICA DE FLUIDOS F.C.F. - UNMSM	
Registro N°	_____
Recibido por	_____ <i>Filomena</i>
Fecha	17/8/15 Hora 16:00

Ref.: Oficio Circular N° 013-EAPIMF-FCF-15

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted, para manifestarle que se ha revisado el volumen de Tesis **"ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS"** que presenta el Sr. Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELASQUEZ, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, por la Modalidad M-1.

Al respecto debo informarle que el suscrito ha revisado la referida Tesis y el texto final cumple con los requisitos de contenido, profundidad y extensión para su sustentación.

Por tal motivo tengo a bien dar mi conformidad y recomiendo a su despacho su aprobación para su posterior sustentación.

Cabe mencionar que el cambio de Título de la Tesis que inicialmente fue **"ANÁLISIS, CUANTIFICACION Y SIMULACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS"**, no implica modificación alguna en los objetivos específicos en el Plan de Tesis presentado y aprobado por la Comisión Técnica que en su oportunidad reviso el plan de Tesis.

Sin otro particular me despido de Usted, no sin antes expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente

Ph D Ing. ORMENO VALERIANO Miguel Angel  
Docente Asesor

## **ANEXO 10: SOLICITUD DE EXPEDITO**

- FUT SOLICITANDO EXPEDITO PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL
- SOLICITUD DE EXPEDITO
- COPIA DE SIMPLE DE PARTIDA DE NACIMIENTO
- COPIA SIMPLE DE GRADO DE BACHILLER
- 4 FOTOS (PASAPORTE MODERNO)
- VOUCHER DE PAGO POR DERECHO DE TÍTULO, EXPEDITO Y CALIGRAFIADO (TODO EN UN SLO VOUCHER)

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

FORMATO ÚNICO DE TRÁMITE

Señor Doctor (Mag. Ing. Lic.): CESAR ALEJANDRO SWISPE GONZALEZ

Cargo: DIRECTOR DE ESCUELA IMF

Facultad: CIENCIAS FÍSICAS - IMF

Nombres y Apellidos: Roberto Luis Zagarra Velásquez

TARIFA A CANCELAR

SI .....

☒ Alumno Pre Grado

Código N°: 01115059

E.A.P.: 13-2 Ing. MECANICA DE FLUIDOS

☒ Alumno Post Grado

Código N°:

Especialidad:

☐ Docente

Código N°:

Sede:

☐ Administrativo

Código N°:

Oficina:

☐ Otros

Código N°:

Año de

Egresado:

Solicito a usted, ordene a quien corresponda se me otorge:

☒ Expedito para optar Título Profesional

☐ Título Profesional

☐ Expedito para optar Grado Académico de Bachiller

☐ Grado Académico de Bachiller

☐ Expedito para optar Segunda Especialidad

☐ Certificado de Estudios por Semestre Académico (a partir 1984)

☐ Certificado de Estudios por Año Académico (a partir 1984)

☐ Record Académico

☐ Constancia de Ingreso

☐ Constancia de no adeudar Libros a la Facultad

☐ Constancia de no adeudar dinero/bienes a la Facultad

☐ Constancia de Estudios

☐ Constancia de Egresado

☐ Constancia de Matricula

☐ Constancia de Notas por Curso

☐ Constancia de Orden de Mérito

☐ Reserva de Matricula

☐ Reactualización de Matricula

☐ Rectificación de Matricula

☐ Anulación de Matricula por Traslado Interno

☐ Anulación de Ingreso

☐ Acta Adicional

☐ Jurado Ad-Hoc

☐ Carta de Presentación del Decano

☐ Convalidación de Cursos

☐ Ficha de Matricula por Semestre

☐ Duplicado de Reporte de Matricula

☐ Relación de Cursos por Semestre Académico

☐ Carné de Biblioteca

☐ Revalida Grado de Bachiller

☐ Revalida de Magister

☐ Revalida de Doctor

☐ Revalida de Título de Prof. de Segunda Especialización

☐ Inscripción de Estudios de Maestría

☐ Inscripción de Estudios de Doctorado

☐ Carta de Presentación al Rector

☐ Transcripción de Título Profesional

☐ Transcripción de Grado Académico Bachiller

☐ Duplicado de Carnet Universitario

☐ Certificado de 1930 a 1983 por cada semestre Académico

☐ Certificado de 1930 a 1983 por cada año

☐ Relación de Cursos de 1969 a ciclo de Verano 1984 y 1985 por cada Semestre

☐ Relación de Cursos de 1969 a ciclo de Verano 1984 y 1985 por cada año

☐ Constancia de Ingreso según modalidad (de 1943 a 1983)

☐ Copia Simple de Resolución Rectoral

☐ Copia Legalizada de Resolución Rectoral

☐ Licencia por Capacitación Oficializada

☐ Licencia por Enfermedad

☐ Licencia por Gravidéz

☐ Licencia por Fallecimiento de Familiares

☐ Licencia por Citación Expresa Judicial

☐ Licencia por Función Edil

☐ Licencia por Capacitación No Oficializada

☐ Licencia por Motivos Particulares

☐ Licencia por Matrimonio

☐ Licencia por Enfermedad de Familiares

☒ Otros

Especificar otros:

Para lo cual adjunto los requisitos exigidos por el TUPA

Dirección: MZ:130 LT:9 GR:15 HUASCAR CTD GRANDE SAN JUAN DE LURIGANCHO

Email: robertsam1003@hotmail.com

Fecha: 01 de Setiembre del 2015

Teléfono: 99700 7022

DNI: 41479234

Firma: Zagarra Velásquez

Nombres y Apellidos: Roberto Luis Zagarra

Velásquez

Solicito: Expedito para optar Título

Profesional

SELLO DE RECEPCIÓN

Ciudad Universitaria, 21 de Agosto del 2015

Señor Dr. Ing.

**CESAR ALEJANDRO QUISPE GONZALES**

Director de la EAP Ingeniería Mecánica de Fluidos

Facultad de Ciencias Físicas – UNMSM

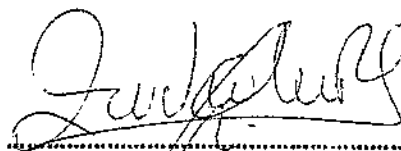
Pte.-

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de saludarle muy cordialmente y teniendo conocimiento que los integrantes del jurado examinador de la tesis Titulada **"ANALISIS Y SIMULACION FLUIDODINAMICA DEL FENOMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS"** ha emitido su conformidad, así mismo se han pronunciado respecto al cambio de Título, el mismo que fue anteriormente **"ANALISIS, CUANTIFICACION Y SIMULACION DEL FENOMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS"**, dando una opinión satisfactoria, solicito expedito para sustentación tesis.

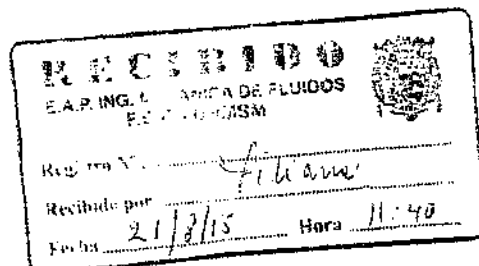
Aprovecho la oportunidad para alcanzarle mis sentimientos de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente.



**Bach. Roberto Luis Zegarra Velasquez**

**DNI: 41479234**



#528

## REPUBLICA DEL PERU

PROVINCIA DE LIMA  
DISTRITO DEL CERCAO

## MUNICIPALIDAD DE LIMA METROPOLITANA

REGISTROS DEL ESTADO CIVIL

## NACIMIENTOS

AÑO 1982

APELLIDOS Y NOMBRES DEL  
INSCRITO:Zapata  
Velazquez  
Roberto  
Luis

Fecha del Nacimiento:

22-08-82

Declarante identificado con:

L.E. 3639749

NACIMIENTOS EN POBLACION

PARTIDA NUMERO Tres mil novecientos cincuenta y tresNombres y Apellidos Roberto LuisZapata VelazquezLugar de Nacimiento: Chincha VitorianoFecha del Nacimiento, Hora cuatro y diezDía veintidos Mes agosto

AÑO: MIL NOVECIENTOS OCHENTIDOS

Sexo MasculinoPADRE Roberto Julian Zapata RamosEdad treinta añosProfesión u Ocupación chaperNatural de Peru nacionalidad PeruanaDomiciliado en LimaMADRE Mamela Angélica Velazquez de ZapataEdad treintidos añosNatural de La Libertad nacionalidad PeruanaDomiciliada en Jirón Centenario Palma tres tres dos s/nDECLARANTE: El Padre

Edad \_\_\_\_\_ años

Profesión u Ocupación \_\_\_\_\_

Natural de \_\_\_\_\_ nacionalidad \_\_\_\_\_

Domiciliado en \_\_\_\_\_

Se extiende esta partida en

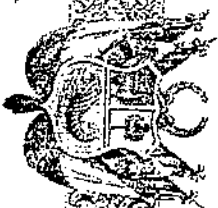
Lima, a horas ocho y treintadel día Diez del mes de Setiembre

de MIL NOVECIENTOS OCHENTIDOS.

Que suscriben:

Roberto Zapata  
DECLARANTE[Firma]  
REGISTRADORFUNCIONARIO AUTENTICO  
TITULO NÚMERO \_\_\_\_\_  
Expediente de \_\_\_\_\_

MUNICIPALIDAD DE LIMA METROPOLITANA  
REGISTROS DEL ESTADO CIVIL  
N.º 819297  
SOLICITUD DE EXPEDICION DE COPIA CERTIFICADA DE LA PARTIDA  
COMPROBANTE DE PAGO  
VALOR: 17 8:00  
1 COPIA  
LOS PROPIETARIOS POR EL SOLICITANTE  
Se extiende esta partida en  
Lima, a horas ocho y treinta  
del día Diez del mes de Setiembre  
de MIL NOVECIENTOS OCHENTIDOS.  
Que suscriben:  
Roberto Zapata  
DECLARANTE  
[Firma]  
REGISTRADOR  
FUNCIONARIO AUTENTICO  
TITULO NÚMERO \_\_\_\_\_  
Expediente de \_\_\_\_\_



REPÚBLICA  
DEL PERÚ  
**A NOMBRE DE LA NACIÓN**



El Rector de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Por cuanto: El Consejo de la Facultad de  
**Ciencias Físicas**

en fecha **11** de **Febrero** de **2015** acordó otorgar el Grado Académico de  
**Bachiller en Ingeniería Mecánica de Fluidos**

a Don (ña) **Roberto Luis Zegarra Velásquez**

Estando a lo acordado por el Consejo Universitario, confiere el mencionado Grado Académico  
a cuyo efecto expide el presente Diploma para que se le reconozca como tal.

Dado y firmado en Lima, el **20** de **Marzo** de **2015**

SECRETARIO GENERAL

REGIÓN

DECANO

DIRECTOR DE LA ESCUELA ACADÉMICA  
PROFESIONAL

DERECHO DE TITULO S/. 200.00  
 EXPEDITO S/. 57.00  
 CALIBRADO S/. 15.00

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
 (Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)  
 FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS  
 Av. Venezuela s/n - Ciudad Universitaria



BOLETA DE VENTA  
 RUC. 20148092282  
 022 N° 044399  
 R.U.C. 14809228

Código de Matricula ..... EAP (.....)

Señor(es): .....  
 Fecha de Emisión: ..... Unidad Operativa: .....

Cantidad	DESCRIPCION	Valor de Venta



EMISOR

EXONERADO DE TODO IMPUESTO

Centro de Producción Editorial  
 Jr. Paruro N° 119 - Lima  
 R.U.C. 14809228  
 Serie 022-040001 al 022-046000  
 F. I. 17 - 08 - 2000  
 N. A. 0673130011

## **ANEXO 11: EXPEDITO PARA SUSTENTACIÓN**

- PROVEIDO PARA EL COMITÉ ASESOR
- ACUERDO DEL COMITÉ ASESOR





# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

155

### EAP DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

#### PROVEIDO N° 169-EAPIMF-FCF-15

RECURRENTE : Bachiller Roberto Luis Zegarra Velásquez  
CODIGO : 01115059  
ASUNTO : Expedito para Sustentación de Tesis:  
"Análisis y Simulación Fluidodinámica del Fenómeno de Cavitación  
en una Turbina Francis"

FECHA : 21/08/15

Señores  
COMITÉ ASESOR DE LA EAPIMF

Visto el expediente presentado por el recurrente, mucho agradeceré a ustedes emitir su pronunciamiento sobre el particular y, luego, sírvanse devolver el expediente.

Atentamente,



*César Alejandro Quispe*  
Dr. Ing. César Alejandro Quispe Gonzales  
DIRECTOR (e) DE LA EAPIMF

134

Aja



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
EAP – INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS  
COMITÉ ASESOR

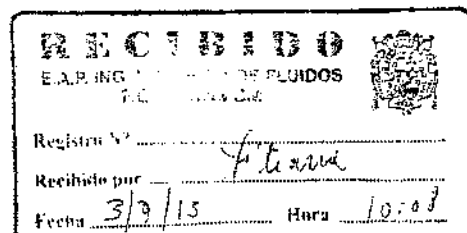
Ciudad Universitaria, 26 de agosto de 2015

**OFICIO N° 184-CA-EAPIMF-FCF-2014**

Señor Dr. Ing.  
**CESAR QUISPE GONZÁLES**  
Director (a) de la EAP Ingeniería Mecánica de Fluidos  
Facultad de Ciencias Físicas - UNMSM  
Presente.-

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para hacerle llegar el siguiente



**ACUERDO DE COMITÉ ASESOR N° 184-CA-EAPIMF-2015**

**VISTO:**

- El Proveído N° 169-EAPIMF-FCF-15 del Director de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos (EAPIMF), de fecha 21/08/15, solicitando se le declare Expedido al Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la modalidad de Sustentación y Aprobación de Tesis (Modalidad M1).
- El expediente del recurrente, Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ.

**CONSIDERANDO:**


- Que, el recurrente, Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, ha cumplido con los requisitos establecidos por el Art. 31 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Físicas.
- Que, existen las cartas de conformidad de los miembros del Jurado Calificador de la Tesis sobre el contenido del Trabajo de Tesis titulado "ANÁLISIS Y SIMULACION FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS", presentado por el recurrente.

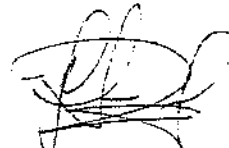
De conformidad con las atribuciones que le confiere el Art. 105 del Estatuto de la UNMSM, el Comité Asesor de la EAP de Ingeniería Mecánica de Fluidos.

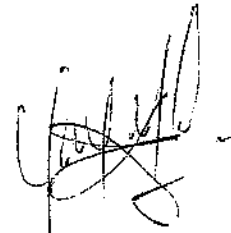
**ACUERDA:**

- Declarar expedito al Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la modalidad de Sustentación y Aprobación de Tesis (Modalidad M1) y sustentar ante el Jurado Calificador su Trabajo de Tesis titulado "ANÁLISIS Y SIMULACION FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACION EN UNA TURBINA FRANCIS".
- Recomendar al Director de la EAPIMF dar cumplimiento del presente acuerdo.

Atentamente,

  
MSc. Ing. Bernardino Salvador Rojas  
Miembro del C.A.

  
Ing. Guido A. Rozas Olivera  
Miembro del C.A.

  
Est. Julio Juárez Estacio  
Miembro del C.A.

## **ANEXO 12: PUBLICACIÓN DE AVISO**

- **AVISO DE SUSTENTACIÓN**



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA DE  
FLUIDOS

## AVISO

*Se comunica a los interesados y público en general que, el día martes 15 de setiembre del año en curso, se llevará a cabo la Sustentación de Tesis "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS", que presentará el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, con el propósito de optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos en la Modalidad M-1. Dicho acto será a las 19:00 horas en el Auditorio de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos.*

*Jurado:*

<i>Ing. José Juárez Céspedes</i>	<i>(Presidente)</i>
<i>Dr. Miguel Ormeño Valeriano</i>	<i>(Asesor)</i>
<i>Ing. Carlos Pedrosa Alanya</i>	<i>(Miembro)</i>
<i>Ing. Mario García Pérez</i>	<i>(Miembro)</i>

*Ciudad Universitaria, 08 de setiembre de 2015*

LA DIRECCIÓN

## **ANEXO 13: DOCUMENTACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL**

- FUT CON SELLOS DE NO TENER DEUDAS CON LA FACULTAD (LA BIBLIOTECA, LABORATORIO Y ECONOMÍA)
- INFORME DE LA CLÍNICA
- INFORME DE NO ADEUDAR A LA BIBLIOTECA
- OFICINA DE CONTABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD
- COPIA CERTIFICADA DEL GRADO DE BACHILLER (TE LA DAN CON EL BACHILLER O PUEDES VOLVER A SACARLA)
- CONSTANCIA DE ENTREGA DE EJEMPLARES DE TESIS A LA BIBLIOTECA CENTRAL
- CONSTANCIA DE ENTREGA DE EJEMPLARES DE TESIS A LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD
- RECIBOS DE PAGO (TÍTULO PROFESIONAL, PUBLICACIÓN, CERTIFICACIÓN DE DIPLOMA, AUTENTICACIÓN DE DIPLOMA,)
- ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

FORMATO ÚNICO DE TRÁMITE

Señor Doctor (Mag. Ing. Lic.):

Cargo:

Facultad: Ciencias Físicas

Nombres y Apellidos: Roberto Luis Zegarra Velásquez

TARIFA A CANCELAR

SI .....

☒ Alumno Pre Grado

Código N°: 01015059

E.A.P.: 13.2

☒ Alumno Post Grado

Código N°: .....

Especialidad: .....

☐ Docente

Código N°: .....

Sede: .....

☐ Administrativo

Código N°: .....

Oficina: .....

☐ Otros

Código N°: .....

Año de .....

Egresado: .....

Solicito a usted, ordene a quien corresponda se me otorge:

☐ Expedito para optar Título Profesional

☒ Título Profesional

☐ Expedito para optar Grado Académico de Bachiller

☐ Grado Académico de Bachiller

☐ Expedito para optar Segunda Especialidad

☐ Certificado de Estudios por Semestre Académico (a partir 1984)

☐ Certificado de Estudios por Año Académico (a partir 1984)

☐ Record Académico

☐ Constancia de Ingreso

☐ Constancia de no adeudar Libros a la Facultad

☐ Constancia de no adeudar dinero/bienes a la Facultad

☐ Constancia de Estudios

☐ Constancia de Egresado

☐ Constancia de Matrícula

☐ Constancia de Notas por Curso

☐ Constancia de Orden de Mérito

☐ Reserva de Matrícula

☐ Reactualización de Matrícula

☐ Rectificación de Matrícula

☐ Anulación de Matrícula por Traslado Interno

☐ Anulación de Ingreso

☐ Acta Adicional

☐ Jurado Ad-Hoc

☐ Carta de Presentación del Decano

☐ Convalidación de Cursos

☐ Ficha de Matrícula por Semestre

☐ Duplicado de Reporte de Matrícula

☐ Relación de Cursos por Semestre Académico

☐ Carné de Biblioteca

☐ Revalida Grado de Bachiller

☐ Revalida de Magister

☐ Revalida de Doctor

☐ Revalida de Título de Prof. de Segunda Especialización

☐ Inscripción de Estudios de Maestría

☐ Inscripción de Estudios de Doctorado

☐ Carta de Presentación al Rector

☐ Transcripción de Título Profesional

☐ Transcripción de Grado Académico Bachiller

☐ Duplicado de Carnet Universitario

☐ Certificado de 1930 a 1983 por cada semestre Académico

☐ Certificado de 1930 a 1983 por cada año

☐ Relación de Cursos de 1969 a ciclo de Verano 1984 y 1985 por cada Semestre

☐ Relación de Cursos de 1969 a ciclo de Verano 1984 y 1985 por cada año

☐ Constancia de Ingreso según modalidad (de 1943 a 1983)

☐ Copia Simple de Resolución Rectoral

☐ Copia Legalizada de Resolución Rectoral

☐ Licencia por Capacitación Oficializada

☐ Licencia por Enfermedad

☐ Licencia por Gravidez

☐ Licencia por Fallecimiento de Familiares

☐ Licencia por Citación Expresa Judicial

☐ Licencia por Función Edil

☐ Licencia por Capacitación No Oficializada

☐ Licencia por Motivos Particulares

☐ Licencia por Matrimonio

☐ Licencia por Enfermedad de Familiares

☒ Otros

Especificar otros:

Para lo cual adjunto los requisitos exigidos por el TUPA

Dirección:

Email:

Fecha:

Teléfono :

DNI :

Firma: [Firma]

Nombres y Apellidos: .....

Solicito: .....

SELLO DE RECEPCIÓN



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
**CLÍNICA UNIVERSITARIA SERVICIOS MÉDICOS**

«AÑO DE LA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA Y DEL FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACIÓN»

**INFORME N.º 000312-2015**

*Por el presente, el Director de la Clínica Universitaria Servicios Médicos, comunica que:*

**ZEGARRA VELÁSQUEZ, ROBERTO LUIS**

*alumno de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, código N.º 01115059, NO ADEUDA a ningún servicio de la Clínica Universitaria.*

*Se expide el presente a solicitud del interesado, para los trámites académicos de Titulación correspondiente.*

*Lima, 22 de septiembre de 2015.*



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
CLÍNICA UNIVERSITARIA - SERVICIOS MÉDICOS

Dr. MIGUEL OSCAR ITURRIZAGA ALARCO  
DIRECTOR  
CMP N.º 00725

*Nota: El presente documento, es exonerado de pago y tiene validez por tres meses, a partir de la fecha de expedición.*



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FORMATO ÚNICO DE TRÁMITE

Señor: (Doctor, Mag, Ing, Lic.) ISABEL MIRANDA MERUÑA  
Cargo: Jefe de la OGSBBC

FACULTAD y ESCUELA : CIENCIAS FÍSICAS - ING. MECÁNICA DE FLUIDOS  
APELLIDOS Y NOMBRES : ZEGARRA VELASQUEZ, Roberto Luis  
Código : 01115059

Solicito a Ud. ordene a quien corresponda se me otorgue:

<input type="checkbox"/>	Expedito para optar Título Profesional	<input type="checkbox"/>	Relación de Cursos por Semestre Académico
<input type="checkbox"/>	Expedito para optar el Grado Académico de Bachiller	<input type="checkbox"/>	Carné de Biblioteca
<input type="checkbox"/>	Grado Académico de Bachiller	<input type="checkbox"/>	Reválida de Bachiller
<input type="checkbox"/>	Expedito para optar Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/>	Reválida de Magister
<input type="checkbox"/>	Certificado de Estudios por Semestre Académico (a partir de 1984)	<input type="checkbox"/>	Reválida de Doctor
<input type="checkbox"/>	Certificado de Estudios por Año Acad. (a partir de 1984)	<input type="checkbox"/>	Reválida de Título Prof. de Segunda Especialización
<input type="checkbox"/>	Récord Académico	<input type="checkbox"/>	Inscripción a estudios de Maestría
<input type="checkbox"/>	Constancia de Ingreso	<input type="checkbox"/>	Inscripción a estudios de Doctorado
<input type="checkbox"/>	Constancia de no adeudar libros a la Facultad	<input type="checkbox"/>	Carta de Presentación al Rector
<input checked="" type="checkbox"/>	Constancia de no adeudar libros a la Biblioteca Central	<input type="checkbox"/>	Transcripción de Título Profesional
<input type="checkbox"/>	Constancia de no adeudar Dinero a la Universidad	<input type="checkbox"/>	Transcripción de Grado Acad. Bachiller
<input type="checkbox"/>	Constancia de no adeudar Dinero a la Facultad	<input type="checkbox"/>	Duplicado de Carné Universitario
<input type="checkbox"/>	Constancia de no adeudar Bienes a la Universidad	<input type="checkbox"/>	Duplicado de Carné de Biblioteca
<input type="checkbox"/>	Constancia de no adeudar Bienes a la Facultad	<input type="checkbox"/>	Certificado de 1930 a 1983 por cada Semestres Acad.
<input type="checkbox"/>	Constancia de Estudios	<input type="checkbox"/>	Certificado de 1930 a 1983 por cada año
<input type="checkbox"/>	Constancia de Egresado	<input type="checkbox"/>	Relación de Cursos de 1969 a Ciclo de Verano 1981 y 1985 por cada Semestre
<input type="checkbox"/>	Constancia de Notas por curso	<input type="checkbox"/>	Constancia de Ingreso, Según Modalidad de (1943 - 1983)
<input type="checkbox"/>	Constancia de Orden de Mérito	<input type="checkbox"/>	Copia Simple de Resolución Rectoral
<input type="checkbox"/>	Reserva de Matrícula	<input type="checkbox"/>	Copia Legalizada de Resolución Rectoral
<input type="checkbox"/>	Reactualización de Matrícula	<input type="checkbox"/>	Licencia por Capacitación Oficializada
<input type="checkbox"/>	Rectificación de Matrícula	<input type="checkbox"/>	Licencia por Enfermedad
<input type="checkbox"/>	Anulación de Matrícula para Traslado Interno	<input type="checkbox"/>	Licencia por Gravidéz
<input type="checkbox"/>	Anulación de Ingreso	<input type="checkbox"/>	Licencia por Fallecimiento de Familiares
<input type="checkbox"/>	Acta Adicional	<input type="checkbox"/>	Licencia por Citación Expresa Judicial
<input type="checkbox"/>	Jurado Ad-Hoc	<input type="checkbox"/>	Licencia por Función Edil
<input type="checkbox"/>	Carta de Presentación del Decano	<input type="checkbox"/>	Licencia por Capacitación No Oficializada
<input type="checkbox"/>	Convalidación de Cursos	<input type="checkbox"/>	Licencia por Motivos Particulares
<input type="checkbox"/>	Ficha de Matrícula por Semestre Académico	<input type="checkbox"/>	Licencia por Matrimonio
<input type="checkbox"/>	Duplicado de Reporte de Matrícula	<input type="checkbox"/>	Licencia por Enfermedad de familiares
<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>	

Especificar Otros: \_\_\_\_\_

Para lo cual adjunto al presente los requisitos exigidos por el TUPA.

FECHA: 21-09-2015

FIRMA





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FORMATO ÚNICO DE TRÁMITE

TARIFA A CANCELAR

Señor Doctor (Mag., Ing., Lic.)

Cargo:

Facultad: CIENCIAS FÍSICAS - EAP. INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

Nombres y Apellidos: Roberto Luis Zegarra Velasquez

☒ Alumno Código N.° 01115059  
☐ Docente Código N.° \_\_\_\_\_  
☐ Administrativo Código N.° \_\_\_\_\_

Solicito a usted ordene a quien corresponda se me otorgue:

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Expedito para optar Título Profesional                            | <input type="checkbox"/> Reválida Grado de Bachiller   |
| <input type="checkbox"/> Título Profesional  | <input type="checkbox"/> Reválida de Magister  |
| <input type="checkbox"/> Expedito para optar el Grado Académico de Bachiller               | <input type="checkbox"/> Reválida de Doctor  |
| <input type="checkbox"/> Grado Académico de Bachiller                                      | <input type="checkbox"/> Reválida de Título Profesional de Segunda Especialización                 |
| <input type="checkbox"/> Expedito para optar Segunda Especialidad                          | <input type="checkbox"/> Inscripción a Estudios de Maestría  |
| <input type="checkbox"/> Certificado de Estudios por Semestre Académico (a partir de 1984) | <input type="checkbox"/> Inscripción a Estudios de Doctorado                                       |
| <input type="checkbox"/> Certificado de Estudios por Año Académico (a partir de 1984)      | <input type="checkbox"/> Carta de Presentación al Rector   |
| <input type="checkbox"/> Record Académico  | <input type="checkbox"/> Transcripción de Título Profesional                                       |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Ingreso   | <input type="checkbox"/> Transcripción de Grado Académico de Bachiller                             |
| <input type="checkbox"/> Constancia de no adeudar libros a la Facultad                     | <input type="checkbox"/> Duplicado de Carné Universitario  |
| <input type="checkbox"/> Constancia de no adeudar dinero / bienes a la UNMSM               | <input type="checkbox"/> Certificado de 1930 a 1983 por cada Semestre Académico                    |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Estudios  | <input type="checkbox"/> Certificado de 1930 a 1983 por cada año                                   |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Egresado  | <input type="checkbox"/> Relación de Cursos de 1969 a Cido de Verano 1984 y 1985 por cada Semestre |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Matrícula   | <input type="checkbox"/> Relación de Cursos de 1969 a Cido de verano 1984 y 1985 por cada año      |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Notas por curso                                     | <input type="checkbox"/> Constancia de Ingreso, según modalidad (de 1943 a 1983)                   |
| <input type="checkbox"/> Constancia de Orden de Mérito                                     | <input type="checkbox"/> Copia Simple de Resolución Rectoral                                       |
| <input type="checkbox"/> Reserva de Matrícula  | <input type="checkbox"/> Copia Legalizada de Resolución Rectoral                                   |
| <input type="checkbox"/> Reactualización de Matrícula                                      | <input type="checkbox"/> Licencia por Capacitación Oficializada                                    |
| <input type="checkbox"/> Rectificación de Matrícula  | <input type="checkbox"/> Licencia por Enfermedad   |
| <input type="checkbox"/> Anulación de Matrícula por Traslado Interno                       | <input type="checkbox"/> Licencia por Gravidéz   |
| <input type="checkbox"/> Anulación de Ingreso  | <input type="checkbox"/> Licencia por Fallecimiento de Familiares                                  |
| <input type="checkbox"/> Acta Adicional  | <input type="checkbox"/> Licencia por Citación Expresa Judicial                                    |
| <input type="checkbox"/> Jurado Ad-Hoc   | <input type="checkbox"/> Licencia por Función Edil   |
| <input type="checkbox"/> Carta de Presentación del Decano                                  | <input type="checkbox"/> Licencia por Capacitación no oficializada                                 |
| <input type="checkbox"/> Convalidación de Cursos   | <input type="checkbox"/> Licencia por motivos particulares   |
| <input type="checkbox"/> Ficha de Matrícula por Semestre                                   | <input type="checkbox"/> Licencia por Matrimonio   |
| <input type="checkbox"/> Duplicado de Reporte de Matrícula                                 | <input type="checkbox"/> Licencia por Enfermedad de Familiares                                     |
| <input type="checkbox"/> Relación de Cursos por Semestre Académico                         | <input type="checkbox"/> Otros   |
| <input type="checkbox"/> Carné de Biblioteca   |  |

Especificar otros Constancia de no adeudar dinero a la universidad

Para lo cual adjunto al presente los requisitos exigidos por el TUPA.

Dirección: H2:130 LT:9 GR:15 HUASCAR CTO. GRANDE SJL

Teléfono: 99 7007022

Fecha: 21 de Setiembre

N.° DNI / LM: 41479234

Firma

*[Firma manuscrita]*



REPÚBLICA

DEL PERÚ

A NOMBRE DE LA NACION

El Rector de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos



Por cuanto: El Consejo de la Facultad de

Ciencias Físicas

con fecha 11 de Febrero de 2015 acordó otorgar el Grado Académico de:  
**Bachiller en Ingeniería Mecánica de Fluidos**

a Don (ña) **Roberto Luis Zegarra Velasquez**

Estando a lo acordado por el Consejo Universitario, confiere el mencionado Grado Académico a cuyo efecto expide el presente Diploma para que se le reconozca como tal.

Otdo y firmado en Lima, el 20 de Marzo de 2015

SECRETARIO GENERAL

DECANO

DIRECTOR DE LA ESCUELA ACADÉMICO  
PROFESIONAL





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

OFICINA GENERAL DEL SISTEMA DE BIBLIOTECAS Y BIBLIOTECA CENTRAL

*"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"*

N° 1017

## CONSTANCIA

El Sistema de Bibliotecas y Biblioteca Central de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, deja constancia que ha recibido del Bachiller **ZEGARRA VELASQUEZ, ROBERTO LUIS** dos ejemplares impresos más un archivo digital de la Tesis titulada:

### **"ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS"**

Que ha sido presentada para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico de Fluidos** en la modalidad (M-1) en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Se expide la presente en cumplimiento a lo dispuesto por la Resolución Rectoral N. ° 01061 del 15 de febrero de 2002 para los fines que convenga al interesado.

Lima, 30 de setiembre de 2015

  
Lic. Isabel Miranda Meruvia  
Jefa de la OGSBEC



icc

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

OFICINA DE BIBLIOTECA, HEMEROTECA Y CENTRO DE DOCUMENTACION

CONSTANCIA DE ENTREGA DE ~~MONOGRAFIA~~ <sup>TESIS</sup>  
No. 049-0BHCD-2015

Por medio de la presente, se deja constancia que el Sr.:

**ROBERTO LUIS ZEGARRA VELASQUEZ**

Ha hecho entrega a esta Biblioteca, de dos ejemplares de su ~~monografía~~ <sup>TESIS</sup>  
~~técnica~~ presentada a la Escuela de Ingeniería Mecánica de Fluidos de la  
Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos,  
para la obtención del grado académico de Ingeniero Mecánico de Fluidos;  
cuyo título es:

**“Análisis y simulación fluidodinámica del fenómeno de cavitación en una turbina  
Francis”**

Se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines que  
estime convenientes.

Ciudad Universitaria, 29 de septiembre del 2015

  
**Lic. Daniel Guerra Caballero**  
Jefe de la Unidad de Biblioteca

# TITULO PROFESIONAL

MONTO: ₡.400

BANCO FINANCIERO

RUC: 20100105862

## LIQUIDACION DE PAGO

9901 12:33:54 Caja:494 PROGR Ag:49 21/09/2017

Concepto: 0201204 ADMINISTRACION CENTR

Cta. Recaud: 000070016604

Institucion: U.N.M.S.M. CTA.RECAUD. POLES

Cliente: 01110059

LEGARRA VELASQUEZ ROBERTO

Fecha Vcto: 0015/09/21 Nro. Comp:0007160942

Importes: 5/.\*\*\*\*\*400.00

Total: 5/.\*\*\*\*\*40.00

Gastos Adm.: 5/.\*\*\*\*\*0.00

Seguros: 3/.\*\*\*\*\*0.00

Importe Neto: 5/.\*\*\*\*\*400.00

Importe Deducion: 5/.\*\*\*\*\*2.30

Valor Redondeo: 2/.\*\*\*\*\*0.00

Importe Total: 3/.\*\*\*\*\*402.30

REF: 8101 Sec.:113 13 ONLINE

# PUBLICACIÓN

MONTO : \$/ 55.00

BANCO FINANCIERO

RUC: 20100105542

## LIQUIDACION DE PAGO

9901 12:34:19 Caj:494 PROC9 Ag:49 01/09/2015

Concepto: 0201207 VENTA DE BOLETIN

Ota. Recaud: 000270016684

Institucion: U.N.M.S.M. CTA.RECAUD. BOLES

Cliente: 31119059

ZEGARRA VELASQUEZ ROBERTO

Fecha Vcto: 2015/09/21 Nro. Comp:0007180943

Importe: 9/.\*\*\*\*\*55.00

Mora: 9/.\*\*\*\*\*00.00

Gastos Admin.: 9/.\*\*\*\*\*0.00

Seguro: 9/.\*\*\*\*\*0.00

Importe Hato: 9/.\*\*\*\*\*55.00

Importe Comision: 9/.\*\*\*\*\*2.00

Valor Redondeo: 9/.\*\*\*\*\*0.00

Importe Total: 9/.\*\*\*\*\*57.00

REP: 2131 Sec:115 13 ONLINE

# CERTIFICACION DE DIPLOMA

MONTO: S/. 40.00

BANCO FINANCIERO

COD: 0010013582

## LIQUIDACION DE PAGO

9901 12:34:22 Caj:494 PROD9 Ag:49 21/09/2019

Concepto: 0201235 ADMINISTRACION CENTR

Cta. Recsud: 000270014484

Institucion: U.N.M.S.H. CTA.RECAUD. SOLES

Cliente: 01115059

ZEGARRA VELASQUEZ ROBERTO

Fecha Vcto: 2019/09/21 Nro. Comp:0007196944

Importe:	S/. *****40.00
Poras:	S/. *****40.00
Gastos Admin.:	S/. *****40.00
Seguros:	S/. *****00.00
Importe Hecto:	S/. *****40.00
Importe Comision:	S/. *****00.00
Valor Redondeo:	S/. *****00.00
Importe Total:	S/. *****40.00
REF: 9101 Sec:117	IP ONLINE

# AUTENTICACION DE DIPLOMA

MONTO: \$/ 50.00

SINCE FINANCIERO

REC: 20150105562

## LIQUIDACION DE PAGO

8901 12:34:44 Caj:494 PRO09 Ag:49 21/09/2015

Concepto: 0001253 ADMINISTRACION CENTR

Cta. Recaud: 000270016684

Institucion: U.N.H.S.M. CTA.RECAUD. 30LES

Cliente: 01115059

ZEGARRA VELAZQUEZ ROBERTO

Fecha Vcto: 2015/09/21 Nro. Comp:0007150746

Importes: \$/.\*\*\*\*\*50.00

hora: \$/.\*\*\*\*\*0.00

Gastos Admin.: \$/.\*\*\*\*\*0.00

Seguro: \$/.\*\*\*\*\*0.00

Importe Neto: \$/.\*\*\*\*\*50.00

Importe Comision: \$/.\*\*\*\*\*0.30

Valor Redondeo: \$/.\*\*\*\*\*0.00

Importe Total: \$/.\*\*\*\*\*50.30

REP: 2101 Sec.:119 IB ONLINE





# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### E.A.P. DE INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO DE FLUIDOS

Modalidad (M-1)

Siendo las 19:00 horas del día martes 15 de setiembre de 2015, en el Auditorio de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, bajo la presidencia del Ing. JOSÉ JUÁREZ CÉSPEDES y con la asistencia del asesor Dr. MIGUEL ORMEÑO VALERIANO, y miembros Ing. CARLOS PEDROSA ALANYA e Ing. MARIO GARCÍA PÉREZ de conformidad con la Resolución Rectoral N° 01934-R-02 que aprueba las diferentes modalidades de Titulación Profesional, se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, del Bachiller:

#### ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ

Dando lectura al Resumen del Expediente, el Presidente del Jurado, invita al Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, a realizar la Exposición del Trabajo de Tesis titulada: "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS".

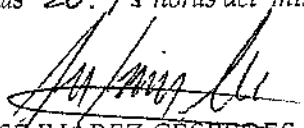
Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado, el Presidente del mismo, invitó al Bachiller a abandonar momentáneamente la Sala de Sesión para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado.

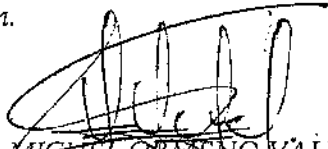
Al término de la deliberación del Jurado, se invitó al candidato a regresar a la Sala de Sesión, para dar lectura a la calificación obtenida por el Bachiller, la misma que es:

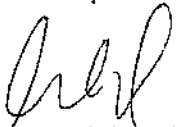
.....DIECISIETE..... (17)


El Presidente del Jurado Ing. JOSÉ JUÁREZ CÉSPEDES, a nombre de la Nación y de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, declaró al Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, Ingeniero Mecánico de Fluidos.

Siendo las 20:15 horas del mismo día, se levanta la sesión.

  
Ing. JOSÉ JUÁREZ CÉSPEDES  
PRESIDENTE

  
Dr. MIGUEL ORMEÑO VALERIANO  
ASESOR

  
Ing. CARLOS PEDROSA ALANYA  
MIEMBRO

  
Ing. MARIO GARCÍA PÉREZ  
MIEMBRO



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

### E.A.P. DE INGENIERÍA MECÁNICA DE FLUIDOS

### RESUMEN

Se encuentra en mesa el Expediente iniciado por el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELÁSQUEZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos por la Modalidad M-1.

#### REFERENCIA:

1. Inició sus estudios de Pre-Grado en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos.
2. Inscribió su trabajo de tesis "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS", y se nombró como Presidente del trabajo de tesis al Ing. José Juárez Céspedes.
3. El 10 de agosto de 2015, el Comité Asesor de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos, en su Acuerdo N° 167-2015-CA-EAPIMF, recomienda a los siguientes docentes del DAIMF como integrantes del Jurado Examinador, el cual se conforma de la siguiente manera:

Ing. José Juárez Céspedes	Presidente
Dr. Miguel Ormeño Valeriano	Asesor
Ing. Carlos Pedrosa Alanya	Miembro
Ing. Mario García Pérez	Miembro

4. El Presidente del Jurado eleva a la Dirección de la Escuela, el dictamen final sobre los méritos obtenidos de la tesis y recomienda tramitar la declaración de EXPEDITO para fines de sustentación.
5. Estando el recurrente EXPEDITO para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos, se fija como fecha de Sustentación Pública el 15 de setiembre de 2015, a las 19:00 horas en el Auditorio de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos.



# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

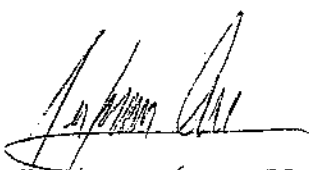
## FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS


### E.A.P. DE INGENIERIA MECANICA DE FLUIDOS

#### ACTA DE CONFORMIDAD

Quienes suscribimos, Presidente, Asesor, y Miembros del Jurado Revisor del trabajo de tesis, titulado: "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN FLUIDODINÁMICA DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN EN UNA TURBINA FRANCIS" que presenta el Bachiller ROBERTO LUIS ZEGARRA VELASQUEZ, expresamos nuestra conformidad con la finalización del trabajo de tesis antes mencionado y damos paso a la sustentación correspondiente en fecha y hora que fije el Presidente del Jurado.

Ciudad Universitaria, 20 de agosto de 2015

  
Ing. JOSÉ JUÁREZ CÉSPEDES  
PRESIDENTE

  
Dr. MIGUEL ORMENO VALERIANO  
ASESOR

  
Ing. CARLOS PEDROSA ALANYA  
MIEMBRO

  
Ing. MARIO GARCÍA PÉREZ  
MIEMBRO