



Umbral Científico

ISSN: 1692-3375

umbralcientifico@umb.edu.co

Universidad Manuela Beltrán

Colombia

García Gutiérrez, Luis Antonio; Villarreal López, Edwin
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UN LABORATORIO
DE BIOTECNOLOGIA DE NÍVEL DE SEGURIDAD BIOLÓGICA 3

Umbral Científico, núm. 14, junio, 2009, pp. 119-129

Universidad Manuela Beltrán

Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30415059011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UN LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DE NÍVEL DE SEGURIDAD BIOLÓGICA 3

MSc Ing. Luis Antonio García Gutiérrez *
MSc Ing. Edwin Villarreal López*

Fecha de recepción: Noviembre 19 de 2008

Fecha de Aceptación: Abril 24 de 2009

RESUMEN: Este artículo presenta los resultados obtenidos en la automatización de un laboratorio de Nivel de Seguridad Biológica 3 Agrícola (NSB3A), empleando un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). La tarea principal en la automatización de un laboratorio que trabaja con microorganismos tales como virus, bacterias, hongos, parásitos, rickettsias, clamydias consiste en implementar herramientas tecnológicas adicionales a las barreras físicas de la edificación, con el fin de confinar estos agentes en una especie de burbuja, que los aislé del medio exterior. Se implementaron algunos equipos destinados a permitir el paso controlado de materiales, insumos, y personas, los cuales funcionan como frontera entre el exterior y el interior y viceversa, los cuales registran, controlan, supervisan, y generan alarmas de actividades. Los sistemas integrados al SCADA general del laboratorio son; a) Sistema de ventilación y control de presiones b) Sistemas de ingreso y egreso de personal c) Sistema de monitoreo y alarma a sistema electrógeno d) Sistema de descontaminación y manejo de residuos 1) Duchas de personal 2) Pass-through 3) Airlock 4) Planta de tratamiento efluentes líquidos 5) Autoclave, e) Salidas de emergencia, intrusión, Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), pánico, inundación, gases y humo f) Control de proceso de producción de Virus de aftosa Cruceiro y campos.

PALABRAS CLAVES: Bioseguridad, Biotecnología, SCADA.

ABSTRACT: This paper presents the results obtained in the automation of a biosafety laboratory NSB3A using a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). The main task in the automation of laboratories that work with microorganisms such as virus, bacteria, fungi, parasites, rickettsia, Chlamydia is implementing technological tools and additional physical barriers of the building, to confine these agents in a sort of bubble, isolated from the outside environment. They were implemented some equipments to allow the controlled passage of materials, equipments, inputs, people, which serve as a boundary between the outside, inside and vice versa, which record, monitor, and generate alarms activities. Systems integrated to the general laboratory SCADA are: a) Ventilation and pressure control system b) Access of staff c) Monitoring and alarm system generator d) System decontamination and waste management 1) personal showers 2) Pass-through 3) Airlock 4) Wastewater Treatment Plant 5) Autoclave, e) Outputs emergency, intrusion, CCTV, panic, flood, smoke and gases f) control process.

KEYWORDS: Biosafety, Biotechnology, SCADA.

*Vicerrectoría de Investigaciones, Programa Ingeniería Electrónica, GIAT/UMB, Bogotá, Colombia, e-mail: luis.garcia@umb.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La real academia de la lengua define la palabra laboratorio como “lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico”, a su vez define la biotecnología como: El empleo de células vivas para la obtención y mejora de productos útiles, como los alimentos y los medicamentos¹. Por lo tanto un laboratorio de biotecnología puede ser el espacio físico donde se investiga, experimenta y trabaja con células vivas para producir un producto biotecnológico.

Como sucede a nivel mundial, en Colombia aun son muy novedosos los laboratorios dedicados al desarrollo biotecnológico; pero sin duda, una pregunta obligada es porque y para qué automatizar un laboratorio con seguridad biológica para el desarrollo biotecnológico? Existen varias respuestas a esta pregunta, pero entre muchas, se puede indicar que es por la complejidad de los procesos, por la cantidad de variables que se manejan, porque se necesita aumentar la seguridad y confiabilidad de los sistemas, previniendo errores humanos, porque se desea hacer un uso más racional de recursos reduciendo costos de mano de obra, porque se desea tener la posibilidad de auditar los eventos y alarmas ocurridas en el laboratorio por la autoridad sanitaria, y por ultimo pero tal vez la más importante por seguridad biológica del país donde se manipula los microorganismos vivos y en general del mundo.

Un **SCADA** es un Sistema de Control de Supervisión y de Adquisición de Datos, es una aplicación software de control (ejecutada en una estación de trabajo) que intercambia información con los elementos de campo y que supervisa/controla el proceso de forma automática, y que permite en tiempo real generar información para diversos usuarios como operadores, supervisores, mantenimiento, gestores, administradores, etc.

Este artículo presenta una experiencia exitosa en la implementación de un SCADA en un laboratorio de biotecnología, con bioseguridad NSB3A para la elaboración de antígeno del virus de aftosa, más sin embargo este diseño también puede ser aplicable para nivel de seguridad 1, 2, 3, inclusive nivel 4 con algunas modificaciones, ver la tabla 1 las características de los cuatro (4) niveles de seguridad biológica.

Los laboratorios de biotecnología representan un riesgo para las personas que manipulan las células, y para el medio que los rodea [1]. Los riesgos dependen del tipo de producto desarrollado y están clasificadas según el nivel de peligro y según el nivel de riesgo se establece las medidas de contención necesarias para evitar la llegada a la naturaleza de agentes biológicos [2].

A continuación (ver Tabla 1) se describen las características que deben cumplir los cuatro niveles de seguridad para laboratorios. La bioseguridad la cual es definida como el conjunto de actividades, intervenciones y procedimientos de seguridad ambiental, ocupacional e individual que garantizan el control del riesgo biológico[5].

¹ Definición de la biotecnología de la Real Academia Española www.rae.es

Tabla 1 Niveles de seguridad Biologica Tomado: wikilearning.com

NSB	CARACTERISTICAS
1	<p>El diseño de la construcción y el equipo de seguridad son apropiados para estudiantes, laboratorios de prácticas y en general, para trabajar con agentes biológicos de los que no se conoce que sean causantes de enfermedades en seres humanos sanos y adultos. Un ejemplo serían <i>Bacillus subtilis</i>, <i>Naegleria gruberi</i>, entre otros. Hay que tener en cuenta que muchos microorganismos que generalmente no producen enfermedades en individuos sanos adultos, sí pueden transformarse en patógenos oportunistas cuando están siendo manipulados por personas inmunodeprimidas. El nivel 1 representa el nivel básico de contención donde la manipulación de agentes biológicos no son peligrosos. Deben de ponerse precauciones para evitar la contaminación ambiental.</p>
2	<p>El diseño de la construcción y el equipo de seguridad responden a aplicaciones clínicas y diagnósticas, también enseñanza, en las que se trabaja con agentes biológicos de riesgo moderado que están presentes en la zona, asociados a enfermedades humanas que pueden variar en severidad. En general, los niveles de protección se centran en evitar salpicaduras o producción de aerosoles. Ejemplos son virus Hepatitis B, HIV, <i>Salmonella</i>, and <i>Toxoplasma spp.</i> Este nivel de contención se suele aplicar en análisis relacionados con fluidos corporales, tejidos o líneas celulares humanas. Los peligros potenciales del personal se centran en exposiciones accidentales por cortes, exposición a las mucosas o ingestión de materiales infecciosos, por lo que se ha de tener una precaución extrema con agujas contaminadas o el contacto con instrumentos que pudieran estar contaminados. En este nivel suelen manipularse agentes biológicos de los que se sabe o, por lo menos se cree, que no son transmisibles vía aerosoles, pero suelen utilizarse medidas de prevención directa como el uso de guantes, protectores de la cara y otros medios físicos.</p>
3	<p>El diseño de la construcción y el equipo de seguridad está orientado al estudio clínico, diagnóstico, enseñanza e investigación donde se trabaja con agentes biológicos autóctonos o que no pertenecen a la zona que tienen capacidad de transmisión por la vía respiratoria y que pueden causar infecciones serias y potencialmente mortales. Ejemplos son <i>Mycobacterium tuberculosis</i> y <i>Coxiella burnetii</i>. En este nivel se pone especial énfasis en evitar el auto inoculación, la ingestión o la exposición a los aerosoles. También incluyen el acceso controlado a la zona y unos requerimientos sobre el sistema de ventilación que minimicen la liberación de aerosoles infecciosos desde al laboratorio a otras zonas.</p>
4	<p>El diseño de la construcción y el equipo de seguridad están pensados para el trabajo con agentes biológicos muy peligrosos autóctonos o importados para su estudio que plantean un alto riesgo individual y que son transmitidos a través de aerosoles, no existiendo ningún medio clínico para ser tratados. Ejemplos serían Ebola y otros virus que producen fiebre hemorrágica. Una vez estudiados, pueden permanecer en este nivel o pasar a inferiores según los resultados obtenidos. El riesgo principal en este nivel se centra en respirar aerosoles, exposición a través de mucosas o heridas y el auto inoculación. En el nivel 4 es necesario el aislamiento completo del personal, el edificio ha de estar separado o en una zona totalmente aislada, sistemas complejos de ventilación y un control del sistema de gestión de desechos que impida la salida al medio ambiente de los agentes biológicos.</p>

2. MATERIALES Y METODOS

Los sistemas SCADA's, hacen parte de los factores para lograr la seguridad biológica NSB3, al igual que la edificación, los sistemas o equipos de frontera y la capacitación y ejecución de procedimientos por parte del personal ver figura 1



Figura 1 Esquema de seguridad biológica

La implementación e integración de los sistemas SCADA que automatizan la operación y producción del laboratorio de seguridad biológica es compleja, y a medida que el nivel de seguridad biológica aumenta lo es aún más. Algunos de los sistemas SCADA's que se pueden implementar se observan en la figura 2.

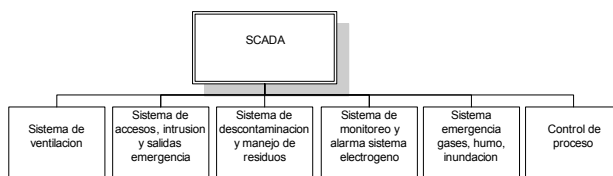


Figura 2 Sistemas SCADAs integrados

En los elementos (variables) de entrada al laboratorio (ver en la figura 3) se ejercen acciones de supervisión y/o control permanente para evitar que sean ingresados elementos no autorizados. Es importante resaltar que todo elemento que sale y entra al laboratorio se le pueda realizar la trazabilidad, que permita llevar un control puntual sobre todos los elementos, equipos, muestras, etc.

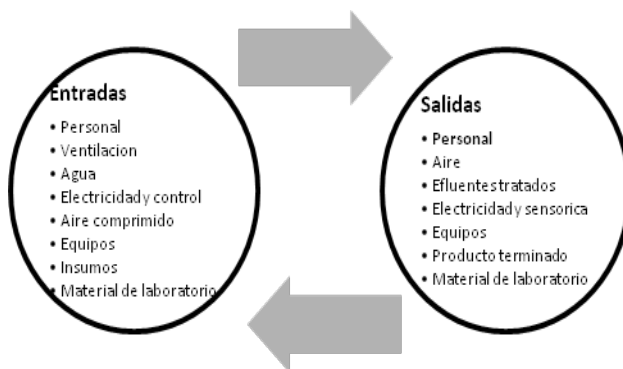


Figura 3 Variables o elementos que entran y salen del laboratorio

1.1Diseño e Implementación

Con respecto al diseño e implementación del sistema SCADA en la automatización de un laboratorio de nivel de seguridad biológica 3A a continuación se divide el estudio en planta física, y en sistemas de control implementados para la automatización del laboratorio.

1.1.1 Planta física (Edificación).

La estructura de la planta física debe ser monolítica, hermética, cumpliendo las normas de sismo resistencia, en la misma estructura se puede ubicar en la primera planta las áreas de producción y el control de calidad. Con respecto a la distribución de equipos en el resto de la planta, en la segunda planta se puede ubicar el piso técnico donde se instalan equipos críticos como suministro y extracción de aire, cajas automáticas de filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) y en la azotea se pueden ubicar equipos pesados como tanques de agua de 4C y 37C, y también equipos que produzcan vibraciones como compresores, chillers, motores, ventiladores. Las paredes que dan al exterior se recomiendan que sean paredes dobles y entre las paredes se use una tela asfáltica que permita dar flexibilidad a la edificación, considerando las posibles dilataciones o movimientos normales en cualquier construcción civil. Es de resaltar el nivel alto de detalle que debe tener toda la construcción, por ejemplo las terminaciones de las uniones entre los ladrillos, la unión entre paredes y techos, los pasos de tubería de agua, electricidad, aire comprimido, aceite, ventilación y otros, a través de muros y techos. Los pasos a través de paredes y pisos se hacen empleando flanches, (estructuras metálicas soldadas) la ductería de gases y líquidos fueron construidas en acero inoxidable 316 y las uniones fueron soldadas. Los espacios vacíos entre las ducterías y entre los flanches son llenados con poliuretano, para sellar el paso de aerosoles.

Es de resaltar que más allá de construir una construcción hermética, es importante realizar tareas de mantenimiento de la hermeticidad corrigiendo cualquier fisura de las mismas, y posibles dilataciones del concreto, la primera y tal vez la más importante barrera con el exterior la constituye la planta física por tal motivo se deben realizar periódicamente pruebas de humo para chequear la total estanqueidad de la construcción. Las esquinas de las paredes deben terminar en forma redondeadas (medias canas), las paredes del interior pueden ser pintadas con pintura hepoxicas, y los pisos de muy fácil limpieza y en el interior del mismo las áreas deben ser herméticas para que se pueda garantizar el control de presiones para cada área.

1.1.2 Sistemas

Los sistemas a implementar son ; a) Sistema de ventilación y control de presiones b) Sistemas de ingreso y egreso de personal c) Sistema de monitoreo y alarma a sistema electrógeno d) Sistema de descontaminación y manejo de residuos 1) Duchas de personal 2) Pass-through 3) Airlock 4) Planta de tratamiento efluentes líquidos 5) Autoclave, e) Salidas de emergencia, intrusión, Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), pánico, inundación, gases y humo f) Control de proceso de producción de Virus de aftosa Cruceiro y campos.

a) Sistema de Ventilación y control de presiones

Este sistema debe cumplir con los siguientes requerimientos: Primero, proveer y extraer el aire del laboratorio, garantizando la limpieza del aire que ingresa y egresa. El sistema debe ser redundante, por tal motivo se tienen dos conductos de ingreso y egreso de aire, que permitan en caso de falla del sistema principal ser soportado por un sistema de respaldo. Segundo, garantizar un valor de presiones más negativas con respecto al exterior para evitar que el virus pueda escapar al exterior. El funcionamiento del sistema de suministro que se puede implementar es el siguiente (ver figura 4) el aire que se encuentra en el exterior es inyectado al interior por medio de un motor - ventilador, haciéndolo pasar el aire por filtros del 30%, filtros de 60%, filtros de 90%, luego pasando por una caja de filtros HEPA permitiendo el ingreso de un aire limpio. El SCADA que se implementa debe controlar la velocidad del ventilador, apertura de dâmpier de la caja de filtros HEPA, y control el flujo de aire que ingresa y monitorear la saturación de partículas de los filtros. Un sistema de control de ventilación y control de presiones, debe contar con un sistema de suministro de aire y un sistema de extracción de aire, que debe cumplir con requerimientos de realizar un número 15 cambios totales del aire que se encuentra en el laboratorio, y de garantizar presiones constantes en las distintas áreas del laboratorio de bioseguridad. También debe tener un sistema de suministro y extracción de respaldo, que en caso

que el sistema principal falle podrá actuar en forma totalmente automática y seguir funcionando con normalidad. Ver esquema del sistema figura 4.

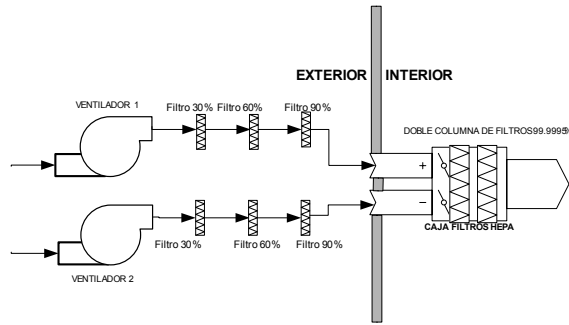


Figura 4 Sistema de suministro de ventilacion

El sistema de extracción está compuesto por un sistema principal y otro auxiliar, una caja de filtros que tiene una columna de filtros de 30% que recoge las partículas más grandes, y luego dos columnas de filtros HEPA. (Ver figura 5). El aire es impulsado por medio un juego de motor ventilador que se encargan de extraer el aire del laboratorio.

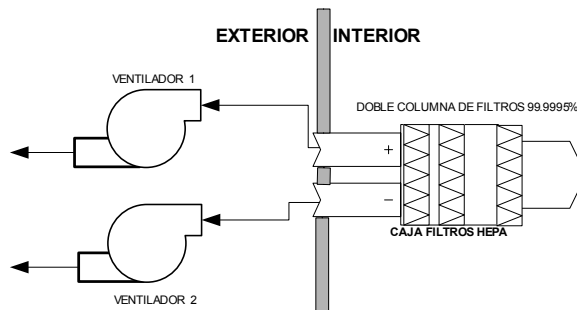


Figura 5 Sistema de extraccion de ventilacion

Los sistemas de suministro y extracción implementados se pueden ver en la figura 6.



Figura 6 Sistema de suministro y extraccion de aire

b) Sistemas de control de acceso de personal.

Es necesario diseñar e implementar un sistema capaz de validar el ingreso del personal al laboratorio y a las respectivas áreas, de acuerdo a los privilegios asignados al usuario. Para esta labor se puede emplear tecnologías de reconocimiento biométrico y RF-ID, que puede ser integrado a la herramienta TAC (Tour Andover Control) ® Schneider Electric.

El laboratorio debe contar con salidas de emergencia y sensores de de pánico.

c) Sistemas de monitoreo y alarma a sistemas electrógenos.

Los equipos que hacen parte del sistema electrógeno se pueden ver en la figura 7, en el cual se maneja niveles de tensión que van desde media tensión 12.5Kvoltage hasta niveles de energía de instrumentación de no más de 5 a 24 voltios. Los equipos como la transferencia eléctrica, planta eléctrica, reguladores, UPS, y bridges eléctricos se encargan en general de garantizar el suministro permanente e ininterrumpido de energía a los distintos sistemas.

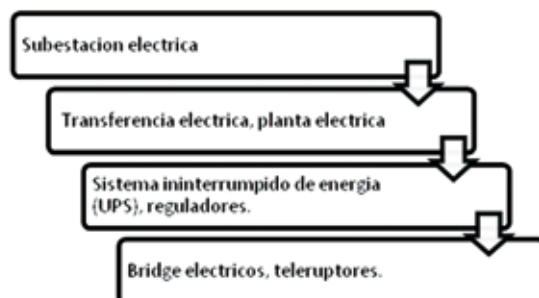


Figura 7 Sistema Electrónico

El SCADA para el sistema de monitoreo y alarma a sistemas electrógenos consiste en la supervisión de la calidad y disponibilidad de la energía eléctrica AC (Corriente alterna) trifásica y monofásica, y DC (Corriente directa) para los distintos procesos que se llevan a cabo en el laboratorio.

d) Sistemas de descontaminación y manejo de residuos.

Los sistemas o equipos de descontaminación implementados en el laboratorio se pueden ver en la figura 2, que funcionan y se denominan equipo de frontera, por que comunican al interior con el exterior y son:

1) Duchas de personal, que son empleadas para la descontaminación de personal, el cual es el paso único y obligado para el ingreso y egreso. En el cual se controla y supervisa y valida el ingreso a ducha, la duración, temperatura del agua. Se deben construir por lo menos dos duchas y cada una respectivamente con una puerta una de entrada y otra de salida. En la entrada del exterior se ubica una lectora biométrica que permita validar la identidad del personal que ingresa, y en interior una regadera y un botón de paro de emergencia. El material de la regadera y puertas son en acero inoxidable.

2) Passtrought, sistema empleado para descontaminación de equipo y de insumos, el cual funciona como una ducha realizando un lavado con agua y ácido cítrico. Construido con dos puertas una en el exterior y otra en el interior y funciona en ambos sentidos empleado para el flujo de insumos, equipos y material. Ver figura 9 (a)

3) Airlock (SAS químico) equipo de frontera empleado para la descontaminación de equipos y material que necesitan ser egresados o egresados y que por su tamaño o características como equipos electrónicos no puede ser sometido a un baño líquido o de vapor, este equipo emplea como insumos amoníaco, y formol. Ver figura 9 ©

4) Planta de tratamiento de efluentes líquidos, sistema que recoge las aguas residuales del interior del laboratorio, las procesa e inactiva el virus empleando un proceso térmico ver figura 8. Los efluentes pasan por un triturador que se encarga de destruir cualquier efluente sólido que venga por la tubería, es recibido por un tanque sumergible de aproximadamente 2500, una vez lleno el tanque su contenido es vertido al tanque 1 o 2 donde lleno se realiza el proceso de calentar su contenido por (1) una hora a 102 grados centígrados, puede salir su contenido al exterior sin riesgo alguno de virus vivo al medio ambiente. Las válvulas se encargan de dar paso a los líquidos, mientras que las bombas sumergibles

y de recirculación se encargan de impulsar el líquido durante el proceso.

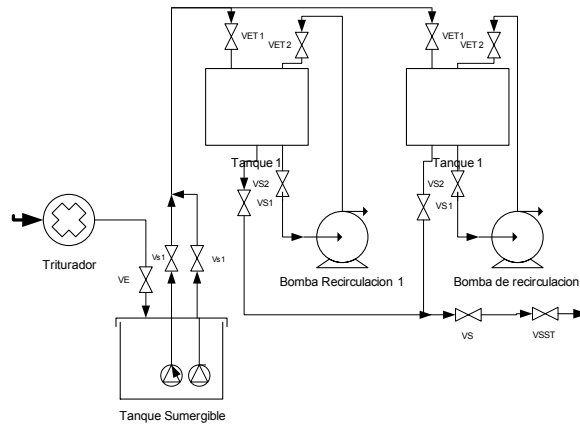


Figura 8 Proceso planta de tratamiento de efluentes líquidos

5) Autoclave, es un sistema de doble puerta que comunica el interior y exterior, en el cual se emplea un proceso térmico para sanitización, y permite el paso de muestras, textiles (overoles), vidriería, y el paso de residuos ver figura 9(e.)

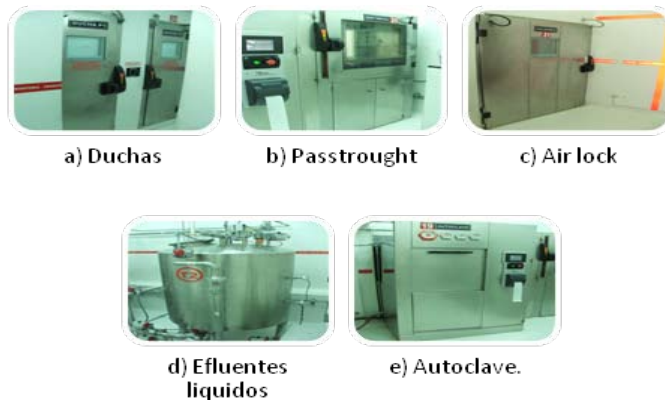


Figura 9 Equipos de descontaminación

e) Sistema de control de iluminación

En la mayoría de casos donde se realiza la automatización de edificios (automation building), se busca supervisar y controlar las áreas del laboratorio iluminadas.

f) Sistemas monitoreo y control al circuito Cerrado de TV (CCTV)

Es de resaltar que tanto la bioseguridad, como la seguridad biológica son dos aspectos necesarios e indispensables en todo laboratorio de biotecnología, ya que el ICA o la autoridad sanitaria del caso hacen entrega de cepas de virus, los cuales tienen que ser puestas en custodia por la empresa y de su uso son responsables jurídicamente. Es recomendable colocar cámaras en el área de producción en la planta de efluentes líquidos tratados, salida de emergencia, sala de producción, sala de inactivación, sala de cepa de virus, corredor de producción, sala de equipos de frontera, y en el área de control de calidad colocar cámaras en inocuidades, y virología, y en la entrada del laboratorio y en el perímetro.

El sistema de supervisión de salidas de emergencias, sensores de intrusión, botones de pánico, sistema de inundación, gases y humo complementan la seguridad física del laboratorio y debe ser integrado al resto del SCADA.

g) Control de proceso,

También se pueden automatizar los procesos propios de la producción del antígeno de virus, que consiste en envío de células provenientes del banco de células ubicado en el exterior (área no biosegura) a la sala de producción (área biosegura), una vez recibidas en el biorreactor se controla nivel, temperatura, presión y agitación del producto. Luego del crecimiento a nivel industrial de las células del cobayo es inoculado el virus, donde es controlado su crecimiento y luego de un proceso de inactivación es enviado a la zona de formulación (área no biosegura).

3. RESULTADOS

El laboratorio en el que se implementó este SCADA fue certificado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), con ayuda de Centro panamericanos de la aftosa (PANAFTOSA), entidad creada por la OEA (organización de estados americanos), que se encarga de cooperar con los países afectados por la fiebre aftosa en la organización, desarrollo, fortalecimiento de los programas nacionales y regionales para el control y erradicación de la enfermedad [3]. En cual recibió la certificación de bioseguridad Nivel 3 Agricultura para laboratorios que manipulan el virus vivo de fiebre aftosa[4].

La herramienta TAC (Tour Andover Control) empleada para automation building funcionó de forma aceptable en la integración de los SCADA's, y son muy prácticos a la hora de ser programados los variados módulos de I/O. A pesar de haber sido probados (retados) todos los sistemas en varias oportunidades, pero ninguno de ellos puso en riesgo la bioseguridad el laboratorio. Los ejemplos de los HMI (interfaz humano maquina) de todos los SCADA's pueden ser visualizadas en 6 o 8 pantallas de LCD de 19" donde se pueden ver en tiempo real los procesos mencionados en este artículo (Ver figura 10).



Figura 10 Interfaz Humano Maquina SCADA's

Las pruebas que se realizaron para confirmar el funcionamiento del sistema, consisten en probar que en las peores condiciones los sistemas funcionaran en forma optima por ejemplo: 1) Falta de energía donde los sistemas de soporte del mismo tenían que suplir todas las necesidades del laboratorio, 2) Fallas de uno o más motor-ventiladores donde se tiene que mantener la presión negativa en el interior del laboratorio, los sistemas de soporte funcionaron de forma sobresaliente, 3) Pruebas de estanqueidad donde se coloca humo en el todo la estructura exterior y no debe ingresar humo al interior (ver figura 11) en esta se pueden ver las pruebas de humo para chequear hermeticidad del laboratorio las esta prueba fue exitosa. 4) Pruebas de correcto funcionamiento a todos los SCADA's, 5) Pruebas de hermeticidad de todos los tramos de la ducteria del sistema de ventilación (extracción y suministro), 6) Pruebas de correcto funcionamiento del sistema de producción. 8) Pruebas de funcionamiento a sistema de ingreso y validación de personal donde se reto al sistema comprobando la correcta autenticación de usuario con lectoras biométricas y RF-ID. 8) Se realizaron pruebas de sistema funcionamiento a la planta de tratamiento de efluentes líquidos tratados donde se corrobora que todos y cada uno de los ciclos (llenado, calentamiento, sanetizacion, y descargue) cumplieran con set point de tiempo y temperatura de proceso.



Figura 11 Pruebas de estanqueidad con humo

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el año en que se inicio este proyecto (2005) en Colombia no existía ningún laboratorio construido con nivel de seguridad 3A, que pudiera servir de referencia.

Construir un laboratorio para desarrollo biotecnológico con seguridad biológica 3A es una tarea que puede llevar de uno a dos años. De este tipo de laboratorios existen tan solo dos en Colombia, situándose la mayor parte de estos laboratorios en Argentina, Brasil, y otros pocos en Paraguay y Perú, por tal motivo existe una industria que desarrolla equipos, mientras que en Colombia es inexistente, por tal razón el diseño, implementación de muchos equipos e integración de todos los SCADA's es una labor de mano de obra propia.

Aunque la planta física descrita fue construida para el manejo de Virus de Aftosa, esta también puede servir para desarrollos biotecnológicos en el sector agropecuario, y en el sector humano, donde se manejen virus de tamaño mayor de 24nm (poxvirus).

Este laboratorio es una experiencia exitosa en la integración de varios sistemas SCADA, y única en el mundo por su gran nivel de supervisión, control y automatización. La integración, supervisión y control de todos los sistemas se realiza desde y hacia una sala que se llamo cuarto de control.

El correcto funcionamiento del laboratorio de bioseguridad depende en gran parte del cuarto de control donde se encuentran todas las HMI y los operarios encargados de los SCADA, pero una gran parte de la responsabilidad del correcto funcionamiento del personal que trabaja con los equipos propiamente dichos como supervisores y operarios, porque la mayoría de ellos tienen la forma de ser “burlados” y así poner en riesgo el concepto de bioseguridad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Un vistazo a la industria biotecnológica <http://www.creces.cl/new/index.asp?imat=%20%20%20%20%202014&tc=3&nc=5&art=679>
- [2] Niveles de seguridad biológica en los laboratorios <http://www.biologia-en-internet.com/default.asp?Id=27&Fd=2>
- [3] Panaftosa <http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/transfron/gicsa/org/panaftosa.htm>
- [4] Certificación para manipulación de virus de fiebre aftosa.
- [5] Metodologías para la auditoria de bioseguridad http://www.panaftosa.org.br/GIEFA/documentos/Doc14_Esp.PDF
- [6] Niveles de seguridad biológica <http://biologia-en-internet.com/revista-biologia/73/niveles-de-seguridad-biologica-en-los-laboratorios/>

- [7] American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1999. "Laboratories." In: ASHRAE Handbook, Heating, Ventilation, and Air-Conditioning Applications, Chapter 13.
- [8] Centers for Disease Control. 1988. Update: Universal Precautions for Prevention of Transmission of Human Immunodeficiency Virus, Hepatitis B Virus and Other Bloodborne Pathogens in Healthcare Settings. MMWR, 37 :377-382, 387, 388.
- [9] National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS). 1997. Protection of laboratory workers from instrument biohazards and infectious disease transmitted by blood, body fluids, and tissue. Approved guideline. Dec. 1977, NCCLS Doc. M29-A (ISBN1-56238-339-6)..