

**CÁMARA DIDÁCTICA PARA LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE
MANIPULACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS.**

SILVIA NATHALIA MANTILLA NIÑO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2016

**CÁMARA DIDÁCTICA PARA LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE
MANIPULACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS.**

SILVIA NATHALIA MANTILLA NIÑO

Trabajo de grado para optar al título de Diseñador Industrial

Director

FRANCISCO ESPINEL CORREAL

Magíster en Diseño Industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2016

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. CONTEXTO DEL PROBLEMA	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
3. OBJETIVOS.....	19
3.1. OBJETIVO GENERAL	19
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
4. MARCO TEÓRICO	20
4.1. CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA - CSB	20
4.2. SIMULACIÓN.....	22
4.3. MODELO	26
4.4. SISTEMA	26
4.4.1. Estudio del caso: Manipulación de microorganismos patógenos.....	26
5. ANÁLISIS DEL USO ACTUAL.....	34
5.1. ESTUDIO DE LOS AMBIENTES DE TRABAJO DE LOS ESTUDIANTES.....	34
5.2. ESTUDIO, ANÁLISIS Y RESULTADO DE LOS MICROMOVIMIENTOS REALIZADOS POR LAS MANOS EN EL PROCEDIMIENTO DE BACILOSCOPIA.	38
5.2.1 Resultado del estudio de los micromovimientos	42
5.3. ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD DEL PROCEDIMIENTO BACILOSCOPIA EN FUNCIÓN DEL MANEJO DEL EXPERTO.....	43
5.3.1. Protocolo oculto	46
5.4. ESTUDIO DEL PROCESO DE BACILOSCOPIA EN FUNCIÓN DEL PRINCIPIANTE.....	49
5.4.1. Puntos críticos	50

5.5. ESTUDIO DE LOS ATRIBUTOS DE LA CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA	51
6. REQUERIMIENTOS	54
7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	57
7.1. RECOLECCIÓN DE DATOS	62
7.2. DISEÑO DEL MODELO	63
7.2.1 Alternativas y selección.....	63
7.3. DISEÑO DE DETALLE	67
8. RESULTADOS DEL PROCESO DE DISEÑO	68
8.1 ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN	68
8.1.1. Alternativas de solución	68
8.1.2. Evaluación de alternativas a partir del método de evaluación por objetivos ponderados.....	74
8.2. DISEÑO DE DETALLE	80
8.2.1 Diagrama de soluciones.....	80
8.2.2. Sistema de funcionamiento electrónico.....	81
8.2.3. Sistema estructural	96
8.2.4 Análisis de manufactura.....	105
8.2.5. Mercadeo	108
9. CONCLUSIONES	110
BIBLIOGRAFÍA.....	112
ANEXOS	115

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de una CSB de clase II tipo A2.....	22
Figura 2. Relación entre la simulación, el modelo y el sistema.....	23
Figura 3. Componentes del sistema de estudio	27
Figura 4. Especificaciones del envase de la muestra	31
Figura 5. Variaciones de una muestra de esputo.....	32
Figura 6. Estudiantes Microbiología y Bioanálisis UIS	36
Figura 7. Desarrollo de videograbaciones teniendo en cuenta la experiencia del operario.....	39
Figura 8. Estructura del procedimiento con base al árbol de funciones.....	40
Figura 9. Causas y efectos del problema de estudio: aprender a usar una cabina de seguridad biológica	42
Figura 10. Distribución de los elementos dentro de una CSB según etapas del procedimiento	46
Figura 11. Resultados Modelo KANO	53
Figura 12. Partes de una cabina de seguridad biológica.	57
Figura 13. Relación de la recolección de datos de diseño.....	62
Figura 14. Alternativa de ubicación de elementos en la CSB 1	69
Figura 15. Alternativa de ubicación de elementos dentro de la CDS 2	70
Figura 16. Alternativa de ubicación de elementos dentro de la CDS 3.....	70
Figura 17. Alternativa para el orden de las operaciones del procedimiento 1	72
Figura 18. Alternativa para el orden de las operaciones del procedimiento 2.....	73
Figura 19. Componentes tecnología RFID.....	82
Figura 20. Módulo lector RFID-RC522 RF	83
Figura 21. Esquema de conexión de alimentación	86

Figura 22. Características LEDs RGB	87
Figura 23. Buzzer.....	88
Figura 24. Características pantalla táctil de 7 pulgadas.....	88
Figura 25. Esquema de comunicación entre dispositivos	89
Figura 26. Distribución del área de trabajo compilada	91
Figura 27. Ubicación de las tarjetas lectoras en el área de trabajo.....	92
Figura 28. Distribución de la información de la pantalla de visualización	94
Figura 29. Representación visual de la CDS	97
Figura 30. Componentes del sistema estructural.....	97
Figura 31. Planos base y bandeja.....	98
Figura 32. Planos frontal y cabeza.....	99
Figura 33. Planos columnas y paredes.....	100
Figura 34. Planos cara posterior y uniones.....	101
Figura 35. Plano general área de trabajo.....	102
Figura 36. Plano de la zona limpia del área de trabajo	103
Figura 37. Plano de la zona sucia del área de trabajo	104
Figura 38. Plano de la zona contaminada del área de trabajo	104
Figura 39. Identidad del dispositivo.....	109

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relación entre el tipo de protección y la selección de la CSB.	21
Tabla 2. Clasificación de los microorganismos infecciosos por nivel de riesgo.	28
Tabla 3. Relación de los grupos de riesgo con los niveles de bioseguridad, las prácticas y el equipo.	29
Tabla 4. Desarrollo del protocolo explícito del procedimiento baciloscopia y cultivo.	33
Tabla 5. Descripción de las características básicas concernientes a la bioseguridad de cada laboratorio de la Escuela de Microbiología y bioanálisis.	36
Tabla 6. Relación de los materiales con las zonas de la superficie de trabajo y las fases del procedimiento.	44
Tabla 7. Protocolo oculto del procedimiento baciloscopia	47
Tabla 8. Requerimientos de diseño	54
Tabla 9. Análisis de los componentes de una cabina de seguridad biológica.	59
Tabla 10. Técnica de comparación sistémica de pares objetivos	74
Tabla 11. Asignación de ponderación relativa a objetivos de diseño.....	75
Punto crítico: Introducción de los materiales a la CSB y uso del doble guante	75
Tabla 12. Selección de alternativa para el punto crítico "Introducción de los materiales a la CSB"	76
Tabla 13. Selección de alternativa para el punto crítico "Introducción de los materiales a la CSB"	77
Tabla 14. Selección de alternativas para el punto crítico: Orden de las operaciones del procedimiento"	79
Tabla 15. Relación de las soluciones de diseño	80
Tabla 16. Características del lector RFID-RC522 RF	84

Tabla 17. Características Raspberry Pi 3 modelo B.....	85
Tabla 18. Mecánica de comunicación del sistema electrónico	89
Tabla 19. Estado de las tarjetas lectoras en relación a la etapa del procedimiento	93
Tabla 20. Propuesta de materiales	105
Tabla 21. Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación	106

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Acuerdo de confidencialidad	115
ANEXO B. Diagrama de procesos Bimanual	117
ANEXO C. Cuestionario modelo KANO	118
ANEXO D. Formato calificación alternativas ingeniero electrónico	125
ANEXO E. Formato 1 calificación alternativas estudiantes	126
ANEXO F. Formato 2 calificación alternativas estudiantes	127
ANEXO G. Tabla de filosofía de control.....	128
ANEXO H. Tabla de mensajes visualizados en pantalla	134
ANEXO I. Propuesta gráfica de visualización	140
ANEXO J. Dimensiones elementos	143

RESUMEN

TÍTULO: CÁMARA DIDÁCTICA PARA LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS

AUTORA: SILVIA NATHALIA MANTILLA NIÑO**

PALABRAS CLAVES: Cabina, Simulación, Didáctica, Experiencia, Protocolo.

DESCRIPCIÓN

La manipulación de microorganismos patógenos en cabinas de seguridad biológica, es una práctica de laboratorio que no se realiza en el área de pregrado de la Universidad Industrial de Santander, con excepción de 1 – 2 estudiantes al semestre de noveno nivel, que realizan sus prácticas en este laboratorio, evidenciando que más del 90% de los estudiantes que se gradúan, salen al mercado laboral sin conocer este contexto práctico de trabajo. Por tal motivo es necesario proveer de un dispositivo capaz de simular la realidad y así mediante condiciones simuladas capacitar a los estudiantes y brindar un mecanismo nuevo a los profesores para el entrenamiento y evaluación. Por medio del análisis de procesos bimanual, teniendo en cuenta 3 puntos de referencia por nivel de experticia, se establecieron los patrones adecuados del procedimiento de baciloscopia, el cual, se usa para determinar la presencia positiva/negativa del bacilo ácido-alcohol resistente, causante de la Tuberculosis, con lo cual se determinó el protocolo oculto, de gran importancia en el presente estudio dado que contiene las pautas que no se encuentran en la literatura del adecuado manejo de este tipo de microorganismos. Con todo lo anterior, se propuso un modelo simulador, cuantitativo y ejecutable, capaz de simular la realidad y generar retroalimentación a los usuarios.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Francisco Espinel Correal, Magíster en Diseño Industrial

ABSTRACT

TITLE: TEACHING CAMERA FOR HANDLING SYSTEM SIMULATION PATHOGEN*

AUTHOR: SILVIA NATHALIA MANTILLA NIÑO **

KEYWORDS: Booths, Simulation, Didactic, Experience, Protocol.

DESCRIPTION

The manipulation of pathogenic microorganisms on security biological booths, is a laboratory practice that is not done over the undergraduate area from the Microbiology and Bio analysis faculty at the Industrial University of Santander, with the exception of a couple of students from the final - practical periods of the career, showing how at least 90% of graduate students, offers their experience to the labor market without the practical knowledge of such specific work procedure. This is the reason why is necessary to provide a device able to recreate reality under simulated conditions, allowing students real training and teachers a new mechanism for evaluation. Through the analysis of bimanual processes, taking 3 points of reference into account by the level of expertise, it has been established the right patterns of the smear procedure, used to identify the Positive/Negative presence of the alcohol - acid bacillus, resistant cause of Tuberculosis, reason why the Hidden Protocol was importantly taken into account during these investigation, because of it's guidelines about the proper management of these type of microorganisms. With all the reasons previously exposed, a quantitative and executable model was proposed, able to simulate reality and generate enough feedback to users.

* Degree work

** Faculty of Mechanical Engineering and Physical. School of Industrial Design. Director: Francisco Espinel Correal, Master of Industrial Design

INTRODUCCIÓN

M. tuberculosis es un patógeno que se ha estudiado ampliamente, contando con información necesaria para la evaluación de riesgo en su manipulación, dado que cada procedimiento cuenta con información de organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Asociación Mexicana de Bioseguridad (AMEXBIO), la Asociación Americana de Seguridad Biológica (ABSA), entre otros, que brindan los conocimientos para poder realizar manipulaciones de este tipo de microorganismos, sin embargo, teniendo en cuenta que es un patógeno, se deben generar condiciones adecuadas para su manejo, como realizarlas dentro de cabinas de seguridad biológicas, con el fin de minimizar las posibilidades de contaminación.

La simulación como mecanismo para el entrenamiento, capacitación y posterior aprendizaje, brinda la posibilidad de realizar prácticas en condiciones muy cercanas a la realidad, con un riesgo mínimo y a un costo muy bajo, entendiendo como costo, no solo el capital económico, sino la posible afectación al capital humano. Es por esto, que el empleo de la simulación como método de aprendizaje, permite acelerar los procesos de aprendizaje, teniendo en cuenta que se generan experiencias en los estudiantes que proveen esquemas mentales, partiendo de sus propios conocimientos previos, con el fin de capacitarlos para enfrentarse a una situación determinada, como lo es en este caso, la manipulación de microorganismos patógenos en cabinas de seguridad biológicas.

1. CONTEXTO DEL PROBLEMA

En la actualidad los estudiantes de la Escuela de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad industrial de Santander, requieren desarrollar prácticas de laboratorio en las que puedan simular la manipulación de microorganismos clasificados dentro de los grados de riesgo tres y cuatro; los primeros se constituyen como agentes patógenos que suelen provocar enfermedades graves, pero que no se propagan de un individuo a otros, y los segundos como agentes patógenos que suelen provocar enfermedades graves y que se transmiten, directa o indirectamente, ambos por entrañar mayor posibilidad de difusión de aerosoles infecciosos, los cuales según la Organización Mundial de la Salud son partículas en suspensión de agentes infecciosos¹ que al ser inhalados pueden causar infección, por tal motivo requieren, entre otros, condiciones especiales como ropa adecuada, flujo direccional de aire, acceso controlado, cabinas de seguridad biológicas, cámara de entrada con aire hermético; por consiguiente se hace necesario implementar un mecanismo donde los estudiantes puedan desarrollar prácticas de laboratorio con un riesgo biológico mínimo y los profesores evaluar protocolos de manejo de microorganismos, con el propósito de adquirir competencias por medio de la experiencia en condiciones simuladas.

¹ OMS, Agentes infecciosos: partículas en suspensión que pueden ser inhaladas y provocar infección. 2013

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los planes de gestión de bioseguridad² son de gran importancia ya que establecen el adecuado manejo que debe tener un microbiólogo dentro de un laboratorio con nivel de riesgo 3 o 4 al trabajar con diferentes tipos de agentes biológicos como microorganismos, incluyendo los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos; todos susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad. La clasificación establece cuatro grupos de riesgo³, según el índice de riesgo de infección o contagio, los cuales pueden llegar a causar un nivel de riesgo individual elevado y un riesgo poblacional bajo – elevado.⁴

La adopción de una cultura que propenda por la seguridad en los laboratorios, tanto en el diseño de los mismos, en el personal de la salud y en los equipos de apoyo, logra alcanzar el control del riesgo sin dejar de lado uno de sus mayores problemas: garantizar el mantenimiento de la infraestructura, para construir de manera eficiente y a un costo razonable y la planificación consciente de la energía y el agua, la localización de estos laboratorios y el mantenimiento de los equipos; para ello, las instituciones deben contar con planes de contingencia y procedimientos de emergencia⁵, lo cual eleva los costos y magnifica las dificultades para este tipo de prácticas. Es por esto que no hay elemento de protección más necesario que la información, una adecuada organización en el

² OMS, Planes de gestión de bioseguridad: Combinación de controles administrativos, principios de contención, prácticas y procedimientos de laboratorio, equipo de seguridad, preparación para emergencias e instalaciones de laboratorio que permiten que el personal de laboratorio trabaje con microorganismos infecciosos en condiciones de seguridad. 2013

³ OMS, Riesgo: Combinación de la probabilidad y las consecuencias de un incidente en relación con un peligro específico. 2013

⁴ OMS. Manual de Bioseguridad en el laboratorio, 3ra ed. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. 2005

⁵ RIBÓN GÓMEZ, W. InTech. (D. P.-J. Cardona, Ed.) Conductas Básicas en Bioseguridad: Manejo integral. 2012. Disponible en:
http://www.minsalud.gov.co/salud/Documents/observatorio_vih/documentos/prevencion/promocion_prevencion/riesgo_biol%C3%B3gico-bioseguridad/b_bioseguridad/BIOSEGURIDAD.pdf

trabajo, condiciones para que los operarios logren la concentración, estar alertas ante cualquier imprevisto y la implementación de medidas de precaución sencillas y claras que suelen tener un costo muy bajo en relación prevención/incidente⁶, con el fin de anticipar la gestión en las situaciones inesperadas.

En la Escuela de Microbiología y Bioanálisis de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander, las razones anteriores muestran un sinnúmero de dificultades para el desarrollo de dichas prácticas en el área de docencia, lo cual, genera que los estudiantes durante su pregrado, no tengan un acercamiento práctico a la manipulación de microorganismos patógenos⁷ en cabinas de seguridad biológicas, teniendo en cuenta la posibilidad de contagio ante los agentes infecciosos que se generan de dichos procesos. Este contexto deja al descubierto que los futuros profesionales salen al mercado laboral sin conocimientos que en un contexto laboral determinado, pueden contribuir al inicio de situaciones inesperadas que afecten su salud. Por consiguiente es necesario implementar un mecanismo, que a un bajo costo y con un riesgo biológico mínimo, permita a los estudiantes durante su pregrado adquirir conocimientos por medio de la experiencia.

La simulación es un proceso que permite experimentar con un modelo y un número de condiciones estipuladas, para realizar un acercamiento a un sistema real, el cual presenta un gran servicio a diferentes áreas; en este caso al diseño y la educación, para brindar la posibilidad, mediante de un modelo cuantitativo y ejecutable, de manipular microorganismos patógenos como práctica de laboratorio, en el cual se desarrolla un plan de experimentación con el objeto de aprender a conducir el sistema; esto se nombra como entrenamiento o

⁶⁶ OMS. Manual de Bioseguridad en el laboratorio, 3ra ed. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. 2005

⁷ CONICYT, FONDECYT, Microorganismos patógenos: Se define como tal a un microorganismo capaz de causar enfermedades tanto en especies vegetales como animales, incluyendo al hombre e incluso otros microorganismos, lo que se manifiesta por sintomatología que afecta drásticamente la fisiología del infectado, con el riesgo de causarle la muerte. 2008

capacitación⁸, por consiguiente, entre otras ventajas está que permite analizar grandes problemas complejos para los que no están disponibles resultados analíticos, es decir, resultados a partir de la experiencia.⁹

En los procesos de aprendizaje por medio de la simulación, los estudiantes experimentan situaciones muy similares a los diferentes contextos reales sin correr riesgo alguno, sin embargo, deben contar con suficiente información y/o conocimientos previos sobre los procesos que van a desarrollar, dado que la simulación no es un proceso mecánico, sino una forma de confrontar las ideas y conocimientos contra una situación similar a la realidad con el fin obtener una retroalimentación que genere esquemas mentales en los individuos por medio de la experiencia¹⁰.

Consecuentemente el propósito del proyecto, era contribuir con el desarrollo de un elemento didáctico que permita tanto a profesores como estudiantes identificar, evaluar y capacitarse en los procedimientos y riesgos por procedimientos generadores de aerosoles¹¹.

⁸ TARIFA, E. E. Teoría de Modelos y Simulación. Argentina: Universidad Nacional de Jujuy. 2001

⁹ PASTRANA MORENO, M. ¿Qué es la simulación? 2011. Disponible en: <http://pastranamoreno.files.wordpress.com/2011/03/unidad-i-tema-1-simulacion.pdf>

¹⁰ CRAWFORD, C. "Subjectivity and Simulation". Serious Games: Improving Public Policy through Game-based Learning and Simulation. Washington, D.C.: Woodrow Wilson International Center for Scholars. 2003

¹¹ OMS, Procedimientos generadores de aerosoles: procedimientos de alto riesgo en los cuáles pueden aumentar la posibilidad de formación de aerosoles que resultan de las manipulaciones en los procedimientos. 2005

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una cabina didáctica para la simulación del protocolo de manipulación de microorganismos patógenos y contribuir en la capacitación y evaluación de procedimientos de laboratorio en la Escuela de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer los patrones de movimientos para el desarrollo de la manipulación de microorganismos patógenos (caso de estudio baciloscopia).
2. Detallar el protocolo detallado de la manipulación de microorganismos patógenos (caso de estudio baciloscopia).
3. Determinar las condiciones para la representación del sistema de manipulación de microorganismos patógenos por medio de un modelo(caso de estudio baciloscopia).
4. Proponer un modelo cuantitativo y ejecutable que responda a la representación del sistema de manipulación de microorganismos patógenos (caso de estudio baciloscopia).

4. MARCO TEÓRICO

4.1. CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA - CSB

Las Cabinas de Seguridad Biológicas (en adelante CSB) están diseñadas entre otros, para proteger al operario de la atmosfera del laboratorio, donde la exposición a salpicaduras y aerosoles generados por la manipulación del material que contiene el agente. Esto puede dar lugar a la inhalación de agentes infecciosos o presentarse contaminación cruzada entre las superficies de trabajo y/o los materiales usados. Existen 3 clases de CSB: I, II y III (correspondientes a las normas AS/NZS 2252.1:1994, AS/NZS 2252.2:1994, y NSF/ANSI 49 – 2008). Según la norma NSF/ANSI 49 – 2008, las CSB de la clase II pueden ser de varios tipos (conocidos como A1, A2, B1, B2); sirven para clasificar las variaciones en los flujos de aire, las velocidades, la ubicación del filtro HEPA¹² en la cabina, las tasas de ventilación y los métodos de evacuación del aire.¹³

Al momento de seleccionar el tipo de CSB más adecuada (tabla 1), se debe tener en cuenta el tipo de protección que se necesita: protección de la muestra y protección del operario contra el riesgo de infección. En el caso de la manipulación de muestras potencialmente contaminadas con bacilos ácido-alcohol resistente (en adelante BAAR) causante de la tuberculosis (en adelante TB), se considera adecuada la CSB de clase II tipo A2, teniendo en cuenta que esterilizan el aire antes de impulsarlo dentro de la cabina, de forma que, proveen una atmosfera prácticamente libre de gérmenes en el área de trabajo.¹⁴

¹² OMS, Filtro HEPA: filtro de alta eficiencia de partículas en el aire. 2013

¹³ OMS. Manual de Bioseguridad en el laboratorio, 3ra ed. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. 2005

¹⁴ OPS. Manual para el Diagnóstico Bacteriológico de la Tuberculosis, Parte 2: Cultivo. Washington: Organización Panamericana de la Salud. 2008

Tabla 1. Relación entre el tipo de protección y la selección de la CSB.

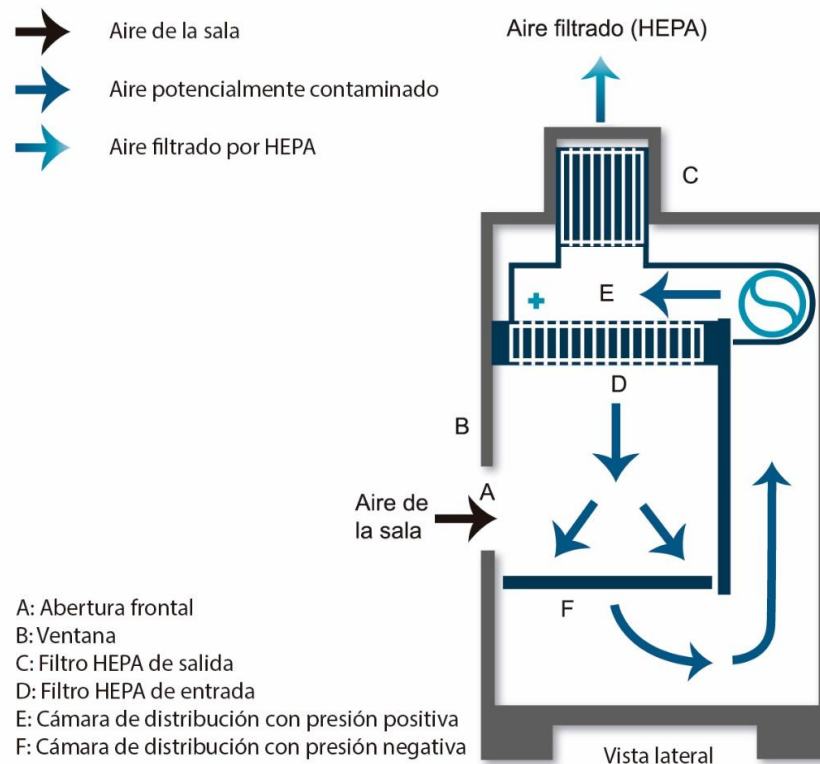
Tipo de protección	Selección de la CSB
Protección personal, microorganismos de los grupos de riesgo 1 a 3	Clase I, clase II, clase III
Protección personal, microorganismos del grupo de riesgo 4, laboratorio para trabajar con cámara de guantes.	Clase III
Protección personal, microorganismos del grupo de riesgo 4, laboratorio para trabajar con trajes especiales	Clase I, clase II
Protección del producto	Clase II, clase III sólo si incluye flujo laminar
Protección contra cantidades mínimas de sustancias químicas/ radionúclidos volátiles	Clase IIB1, clase IIA2 ventilada hacia el exterior
Protección contra sustancias químicas/ radionúclidos volátiles	Clase I, clase IIB2, clase III

Fuente: OMS. Manual de Bioseguridad en el Laboratorio, 2005.

En la figura 1 se muestra una CSB de clase II tipo A2, donde un ventilador interno succiona el aire de la sala hacia el interior de la cámara que viene de la abertura frontal, pasando por la rejilla ubicada alrededor de la bandeja de trabajo, conducido hacia arriba a través de un filtro HEPA de entrada, antes de pasar en sentido descendente por encima de la superficie de trabajo. De esta forma se genera un flujo laminar vertical para protección del operario y del producto, donde las partículas de aerosol que se hubiesen generado en la bandeja de trabajo, son inmediatamente captadas por esta corriente vertical descendente. Para finalizar el ciclo, un porcentaje entre el 30% - 40% del aire se evacua a través de la cámara de distribución posterior hacia el espacio comprendido entre el filtro HEPA de salida situados en la parte superior de la cabina, mientras que el restante 60%-70% del aire, continua recirculando de forma vertical; la presencia de dos filtros

HEPA en la CSB, genera una eficiencia del 99,99% lo que asegura un alto nivel de protección para la muestra y el operario¹⁵.

Figura 1. Esquema de una CSB de clase II tipo A2.



Fuente: Manual de bioseguridad en tuberculosis, OMS. Modificada por el autor.

4.2. SIMULACIÓN

La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real para llevar a cabo experiencias en él, con la finalidad de aprender el comportamiento del

¹⁵ OMS. Manual de bioseguridad en el laboratorio de tuberculosis. Ginebra, Suiza: Organización mundial de la salud. 2013

sistema y de evaluar diversas estrategias para su funcionamiento¹⁶. En el proceso de simulación se encuentran dos elementos principales, el modelo y el sistema (figura 2), entre los cuales existe una relación directa; el modelo es el objeto que representa la realidad del sistema, en este caso, el modelo es la Cabina Didáctica de Simulación (en adelante CDS) del sistema de manipulación de microorganismos patógenos, específicamente del procedimiento baciloscopia donde se manipula *M. tuberculosis*.

Figura 2. Relación entre la simulación, el modelo y el sistema.



La simulación como mecanismo para la capacitación y el posterior aprendizaje, consiste en el uso de diferentes métodos con el propósito de replicar de forma artificial un determinado contexto con el fin de proporcionar condiciones muy cercanas a la realidad, que permitan la interacción entre el modelo y el estudiante. El empleo de la simulación permite acelerar los procesos de aprendizaje, dado

¹⁶ SHANNON, R. Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implementación. México: Trillas. 1998

que por medio de la experiencia se generan esquemas mentales en los estudiantes, partiendo de los conocimientos previos necesarios para poderse enfrenar a una situación determinada¹⁷.

Para poder lograr usar la simulación en los proceso de enseñanza-aprendizaje de una forma adecuada, se debe identificar claramente su pertinencia en relación a las necesidades y requerimientos propios de los diferentes planes de estudios, los objetivos académicos y su utilidad dentro de los procesos prácticos, dado que este proceso no busca reemplazar las tradicionales herramientas y métodos pedagógicos de aprendizaje, pretende adicionar a las estrategias pedagógicas ya establecidas, un mecanismo experimental que brinde la posibilidad de poner en practica conocimientos previamente adquiridos para obtener destrezas.¹⁸

Según la Sociedad Colombiana de Anestesia y Reanimación, un imperativo ético al momento de realizar análisis que afecten a la población humana es: “El paciente tiene derecho a recibir el mejor cuidado que pueda ser proveído”, evidenciando una dualidad entre la capacitación en condiciones reales con el riesgo potencial de daño por falta de adecuadas destrezas, o la posibilidad de la simulación, como un mecanismo de ambiente seguro de entrenamiento, sin riesgo para los estudiantes y en un futuro, para los pacientes a los que el manejo de un procedimiento como lo es en este caso la baciloscopia, puede poner en riesgo su vida.¹⁹

¹⁷ CRAWFORD, C. “Subjectivity and Simulation”. *Serious Games: Improving Public Policy through Game-based Learning and Simulation*. Washington, D.C.: Woodrow Wilson International Center for Scholars. 2003

¹⁸ KAUFMAN, D. *ABC of learning and teaching in medicine: Applying educational theory in practice* (Vol. 326). Burnaby, British Columbia, Canada: BJM. 2003

¹⁹ GÓMEZ, L. M. *Entrenamiento basado en la simulación, una herramienta de enseñanza y aprendizaje* (Vol. 32). Bogotá, Colombia: Revista Colombina de Anestesiología. 2004

Dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje por medio de la simulación, se encuentran dos actores principales, los estudiantes y los profesores, para los cuales usar este mecanismo brinda las siguientes ventajas²⁰:

Permite al estudiante:

- Aprender a demostrar lo aprendido y cómo reaccionar.
- Obtener durante el ejercicio datos realistas.
- Enfrentar los resultados de investigaciones, intervenciones y maniobras, de forma muy parecida a como tendrá que realizarlo durante su ejercicio profesional.
- Autoevaluarse.
- Acortar los períodos necesarios para aprender y aplicar lo aprendido, en algunas de sus variantes, ante nuevas situaciones.

Permite al profesor:

- Concentrarse en determinados objetivos del plan de la Asignatura.
- Reproducir la experiencia.
- Que los educandos apliquen criterios normalizados.
- Idear ejercicios didácticos y de evaluación que correspondan más estrechamente con las situaciones que un estudiante enfrenta en la realidad.
- Predeterminar con exactitud la tarea concreta que ha de aprender el estudiante y qué debe demostrar que sabe hacer, así como establecer los criterios evaluativos.
- En un tiempo dado desarrollar una gama mucho más amplia y representativa de problemas, así como comprobar el rendimiento del estudiante.
- Realizar una adecuada planificación de algunos de los trabajadores independientes de los educandos previstos en el Programa de la Asignatura.

²⁰ SALAS PEREA, R. S., & ARDANZA ZULUETA, P. La simulación como método de enseñanza y aprendizaje. Revista Cubana en Educación Médica Superior , 9, 3-4. 1995

4.3. MODELO

Un modelo es una representación de un objeto, sistema, o idea, en este caso de una CSB. Su propósito es explicar, entender o mejorar un sistema. Entre las grandes ventajas de los modelos y sus usos está el entrenamiento y la instrucción; por medio de un modelo se logra capacitar con un menor costo y riesgo casi nulo²¹. En el presente estudio, se realizó el desarrollo de una CDS con base en las CSB, en la cual, el sistema real que se representó, es la manipulación de microorganismos patógenos, específicamente de *M. tuberculosis* en el procedimiento Baciloscopia.

4.4. SISTEMA

Un sistema es una fracción de la realidad y el foco central del estudio, está constituido por entidades, las cuales poseen características propias que se denominan atributos, estos interactúan entre sí, generando relaciones que dan funcionamiento al sistema²². Dentro del estudio del sistema, se deben determinar los patrones y/o puntos del procedimiento que alguien al usuario por los conocimientos que se quieren ofrecer; estos patrones proporcionan las pautas a tener en cuenta en el desarrollo del modelo para una simulación que se acerque a la realidad.

4.4.1. Estudio del caso: Manipulación de microorganismos patógenos. El sistema del presente estudio (figura 3), está ubicado en el Laboratorio de Micobacterias de la Universidad Industrial de Santander en el cual se analizan

²¹ SHANNON, Op. Cit.

²² PASTRANA MORENO, Op. Cit.

procedimientos relacionados con el microorganismo *M. tuberculosis*, causante de la mayoría de casos de TB. El procedimiento analizado para una posterior simulación, es la primera fase de la Baciloscopia, el cual se desarrolla con el propósito de determinar la presencia del BAAR en las diferentes muestras biológicas, como el esputo; muestra que es analizada con mayor frecuencia en el laboratorio.

Figura 3. Componentes del sistema de estudio



Bioseguridad

La bioseguridad es un conjunto de medidas preventivas con el propósito de dar control a los diferentes factores de riesgo que proceden de agentes biológicos, físicos o químicos, con el fin de fomentar la prevención y propender por el desarrollo de procedimientos que no atenten contra la salud y seguridad de los trabajadores, pacientes y medio ambiente²³. Los trabajadores de la salud que mantienen contacto con diferentes tipos de muestras con presencia potencial de microorganismos patógenos, tales como mucosas, sangre y fluidos corporales entre otros, están expuestos a contraer y transmitir enfermedades infecciosas durante su manipulación, por lo cual existe la necesidad de implementar

²³ CASTRO DÍAZ, J. A. Conductas básicas en bioseguridad, manejo integral básico para el equipo de salud. Bogotá, Colombia: Ministerio de Salud. 1997

protocolos basados en el nivel de riesgo asociado a la peligrosidad del microorganismo²⁴.

Tabla 2. Clasificación de los microorganismos infecciosos por nivel de riesgo.

Nivel	Tipo de riesgo	Descripción
1	Riesgo individual y poblacional escaso o nulo.	Microorganismos que tienen pocas probabilidades de provocar enfermedades en el ser humano o los animales.
2	Riesgo individual moderado, riesgo poblacional bajo.	Agentes patógenos que pueden provocar enfermedades humanas o animales pero que tienen pocas probabilidades de entrañar un riesgo grave para el personal de laboratorio, la población, el ganado o el medio ambiente.
3	Riesgo individual elevado, riesgo poblacional bajo.	Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades humanas o animales graves, pero que de ordinario no se propagan de un individuo a otro. Existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces.
4	Riesgo individual y poblacional elevado	Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades graves en el ser humano o los animales y que se transmiten fácilmente de un individuo a otro, directa o indirectamente. Normalmente no existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces.

Fuente: Manual de Bioseguridad en el laboratorio, OMS, Modificada por el autor.

Mycobacterium tuberculosis es la bacteria responsable de gran mayoría de los casos de TB. Está clasificada en el grupo de riesgo 3 (Tabla 2) por tener un riesgo individual elevado, pero bajo poblacional. Según la OMS al momento de evaluar los riesgos presentes en un laboratorio como en el que se propone intervenir, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Carga bacteriana en los cultivos y las muestras (esputos, orina, líquido cefalorraquídeo, pleural, ascítico, pericárdico, articular, biopsias, pus y sangre)
- Vía de transmisión.
- Probabilidad de generar aerosoles infecciosos en la manipulación de muestras y materiales.

²⁴ OMS. Manual de Bioseguridad en el laboratorio, 3ra ed. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. 2005

- Número de maniobras.
- La carga de trabajo del laboratorio y de cada uno de sus trabajadores.
- La ubicación del laboratorio.
- La epidemiología de la enfermedad y la población de pacientes que atiende el laboratorio.
- El nivel de experiencia y la competencia de los trabajadores.
- El estado de salud de los trabajadores del laboratorio.

La relación existente entre el grupo de riesgo y el nivel del laboratorio (tabla 3) es directamente proporcional, es decir, a medida que aumentan los requerimientos de bioseguridad el grupo de riesgo aumenta. Es entonces cuando se tienen en cuenta diferentes características de diseño como: medios de contención, equipo, prácticas, construcción y procedimientos.

Tabla 3. Relación de los grupos de riesgo con los niveles de bioseguridad, las prácticas y el equipo.

Grupo de Riesgo	Nivel de bioseguridad	Tipo de laboratorio	Prácticas de laboratorio	Equipo de seguridad
1	Básico Nivel 1	Enseñansa básica, investigación	TMA	Ninguno, trabajo en mesa de laboratorio al descubierto.
2	Básico Nivel 2	Servicios de atención primaria, diagnóstico, investigación	TMA y ropa protectora; señal de riesgo biológico	Trabajo en mesa al descubierto y CSB para posibles aerosoles
3	Contención Nivel 3	Diagnóstico especial, investigación	Prácticas de nivel 2 más ropa especial, acceso controlado y flujo direccional de aire	CSB además de otros medios de contención primaria para todas las actividades
4	Contención máxima Nivel 4	Unidades de patógenos peligrosos	Prácticas de nivel 3 más cámara de entrada de aire hermético, salida con ducha y eliminación especial de residuos	CSB de clase III o trajes presurizados junto con CSB de clase II, autoclave de doble puerta (a través de la pared), aire filtrado

TMA: Técnicas Microbiológicas Apropriadas.
CSB: Cámara de Seguridad Biológica.

Fuente: OMS, Manual de bioseguridad en el laboratorio. Modificada por el autor

Baciloscopia

La baciloscopia es la técnica usada para el diagnóstico y control del tratamiento de la TB, puede hacerse de forma confiable en el laboratorio, demostrando la presencia de bacilos en una muestra (examen microscópico) o en cultivo. Para que el laboratorio pueda obtener resultados confiables, no sólo es necesario que se ejecuten las operaciones correctamente; es necesario tener una muestra de buena calidad y por esto se entiende que provenga del sitio de la lesión que se investiga, con una cantidad significativa o suficiente, en un envase adecuado, bien identificada, conservada y transportada²⁵. Son cinco las características que hacen a la baciloscopia el procedimiento de elección para el diagnóstico de la TB: “Sencillez y reproductividad en cualquier medio, rapidez, bajo costo, elevada especificidad y la delimitación de contagiosidad”, las cuales ponderan este procedimiento por encima de las diferentes técnicas existentes²⁶.

La muestra

La toma de muestra es procedimiento que se realiza para obtener especímenes biológicos con el propósito de determinar, analizar y aislar a los agentes etiológicos de una probable infección²⁷. En el caso de la baciloscopia la muestra que se usa con mayor frecuencia es el esputo²⁸, debido a que la TB pulmonar es la más frecuente. Sin embargo, como la enfermedad se puede expandir y manifestarse en cualquier órgano, se dan casos en los cuales con menor frecuencia se requieren muestras como orina, líquido cefalorraquídeo, líquido pleural, líquido ascítico, sangre, pus de cavidades abiertas, biopsias. El envase de la muestra (figura 4) procedente de un paciente sintomático respiratorio (en adelante SR) el cual se caracteriza por presentar tos y/o expectoración durante

²⁵25 OMS. Manual de bioseguridad en el laboratorio de tuberculosis. Ginebra, Suiza: Organización mundial de la salud. 2013

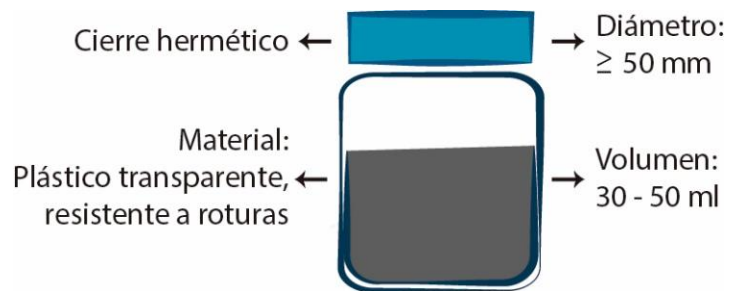
²⁶ CAMINERO LUNA, J. A. Guía de la Tuberculosis para médicos especialistas. París, Francia: Unión Internacional contra la Tuberculosis y Enfermedades Respiratorias. 2003

²⁷ LÓPEZ LÓPEZ, R. Manejo y transporte de muestras en microbiología. Offarms:Farmacia y Sociedad , 122-126. 2001

²⁸ OPS, Esputo: El esputo es una secreción nasal, de garganta o bronquios que se escupe por la boca. 2008

más de 2 a 3 semanas consecutivas²⁹, debe tener una boca ancha de mínimo 50 mm de diámetro; con una capacidad entre 30 y 50 ml, con el propósito de que el paciente pueda depositar fácilmente la expectoración, evitando ensuciar sus manos y el exterior del frasco; con cierre hermético, de tapa de rosca el cual evita que se puedan generar derrames durante su transporte y de material plástico transparente resistente a roturas, para poder observar y evaluar la muestra entregada por el SR.³⁰

Figura 4. Especificaciones del envase de la muestra



Fuente: Manual para el diagnóstico bacteriológico de la tuberculosis, Organización Panamericana de la salud. Modificada por el autor.

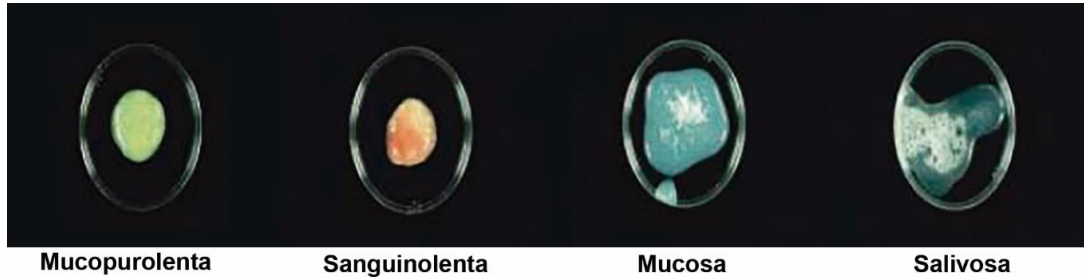
El esputo presenta diferentes variaciones: mucopurulenta, sanguinolenta, mucosa y salivosa (figura 5). Una vez se cuenta con la muestra, es importante determinar su estado en el momento de realizar la baciloscopia ya que esto nos ofrece indicios del posible resultado y permite identificar los puntos más importantes que debemos recolectar para realizar el procedimiento. Una buena muestra de esputo se caracteriza por tener un volumen de aproximadamente 3 a 5 ml, ser espesa y mucoide; la muestra mucopurulenta, proveniente del árbol bronquial y es la que asegura tener mayor presencia de bacilos TB³¹.

²⁹ CAMINERO LUNA, Op. Cit.

³⁰ OPS. Manual para el Diagnóstico Bacteriológico de la Tuberculosis, Parte 2: Cultivo. Washington: Organización Panamericana de la Salud. 2008

³¹ Ibid

Figura 5. Variaciones de una muestra de esputo



Fuente: Manual para el diagnóstico bacteriológico de la tuberculosis, Organización Panamericana de la salud.

El procedimiento – Protocolo explícito (PE)

El protocolo explícito hace referencia a los pasos para desarrollar el procedimiento de la baciloscopia que se encuentran en la literatura. Para poder llevar a cabo el procedimiento de la baciloscopia, se deben realizar 4 actividades (tabla 4), con el propósito de darle a la muestra las condiciones adecuadas para garantizar que los microorganismos puedan ser vistos a través del microscopio y su posterior cultivo.

Es necesario **Decontaminar (paso 1)** la muestra con una base fuerte como el hidróxido de sodio (NaOH), para eliminar los gérmenes comunes y la flora que reside, con el fin de aislar el bacilo de la TB u otras micobacterias. Con el propósito de **Homogenizar (paso 1)** las muestras densas, como los esputos, se agrega un agente mucolítico como la n-acetil-Lcisteina (NALC) el cual disminuye la viscosidad del esputo, favoreciendo la penetración del decontaminante. La importancia de usar NALC, radica en que se puede usar el NaOH en menor concentración y por menor tiempo, ya que una porción no despreciable entre el 30 y 60% de BAAR muere durante este procedimiento; además de esto, facilita la precipitación de los bacilos por centrifugación. De forma posterior, se debe **Lavar (paso 2)** la muestra con buffer fosfato, con el propósito de eliminar la base usada en el proceso de decontaminación y así obtener un pH cercano al neutro, donde el bacilo de la TB sobrevive y se multiplica. En este momento la muestra contiene un

gran porcentaje de su volumen en relación con la posible cantidad de BAAR, por lo cual **Sedimentar (paso 3)** la muestra es importante ya que en cada una se puede inocular un volumen de 0,1 a 0,5 ml que se logra concentrar al sedimentarlo por medio de la centrifugación³².

Tabla 4. Desarrollo del protocolo explícito del procedimiento baciloscopia y cultivo.

Procedimiento: NALC NaOH		
No.	Paso	Actividad
1	Decontaminar y homogenizar	X ml de esputo (no más de 5 ml) X ml de solución Ajustar las tapas de los tubos Agitar en agitador mecánico
2	Lavar	Dejar actuar 15 – 20 minutos Completar con buffer fosfato pH 6,8 hasta los 50 ml y mesclar
3	Sedimentar	Centrifugar 15 minutos a 3000g a 25 – 35 °C Dejar reposar 5 minutos Descartar el sobrenadante
4	Cultivo y diagnóstico	Resuspender el sedimento en buffer Distribuir en cada medio de cultivo Preparar el frotis con la última gota

Fuente: Manual para el diagnóstico bacteriológico de la tuberculosis, Organización Panamericana de la Salud. Modificado por el autor.

³² OMS. Manual de bioseguridad en el laboratorio de tuberculosis. Ginebra, Suiza: Organización mundial de la salud. 2013

5. ANÁLISIS DEL USO ACTUAL

Manipulación de microorganismos patógenos dentro de cabinas de seguridad biológica en la Escuela de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander.

Con el fin de desarrollar las actividades que se requieren para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos se ha implementado una metodología basada en la Metodología de Diseño Centrada en el Humano desarrollada por Ideo, la Metodología de Simulación de Robert Shannon y el Método de Estudio de los Movimientos de Frank and Lillian Gilbreth.

Los anteriores métodos serán usados para analizar, definir y delimitar el proceso de manipulación de microorganismos patógenos, en este caso del estudio de la manipulación del microorganismo *M. tuberculosis*, en el procedimiento baciloscopia, así como sus puntos más críticos, es decir, con mayor presencia de riesgo biológico para el usuario, con el propósito de crear condiciones simuladas que contribuyan en la capacitación y evaluación de procedimientos de laboratorio.

5.1. ESTUDIO DE LOS AMBIENTES DE TRABAJO DE LOS ESTUDIANTES

Por medio de asistencia a clases con el propósito de conocer los diferentes laboratorios de la Escuela de Microbiología y Bioanálisis, como ambientes principales de las prácticas de docencia de los estudiantes, se desarrollaron entrevistas a estudiantes y profesores sobre las condiciones, los procedimientos, equipos de bioseguridad, tipos de muestras, manejos de CSB, entre otros, de las asignaturas teórico-prácticas dictadas en los laboratorios de Micobacterias,

Bacteriología, Parasitología, Toxicología y Micología, mediante la siguiente estrategia:

Inmersión en el contexto: El objetivo fue analizar la situación de los laboratorios de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander.

Los objetivos específicos fueron:

- Describir las características básicas referentes a la bioseguridad de cada laboratorio.
- Determinar el laboratorio, procedimiento y microorganismo con mayor nivel de riesgo manejado en los diferentes laboratorios, con el fin de desarrollar el estudio general de este proyecto con base a él.

Para poder realizar la inmersión en el contexto, fue necesario firmar un acuerdo de confidencialidad con la Escuela, con el propósito de mantener reserva en la información adquirida (Anexo A). En primera medida, durante cada asistencia a las diferentes clases (figura 6), se comenzó con una introducción del proyecto, importancia y objetivo de la participación en las mismas; las entrevistas se realizaron a los estudiantes de forma aleatoria y a los diferentes profesores que precedían las clases. Al introducirse en el contexto, se evidenciaron las características básicas concernientes a bioseguridad de cada laboratorio relacionado en la tabla 5.

Figura 6. Estudiantes Microbiología y Bioanálisis UIS



Tabla 5. Descripción de las características básicas concernientes a la bioseguridad de cada laboratorio de la Escuela de Microbiología y bioanálisis.

Categorías	Laboratorio de Micobacterias	Laboratorio de Bacteriología	Laboratorio de Parasitología	Laboratorio de Toxicología	Laboratorio de Micología
Grupo	3	2	1	1	2 – 3
Nivel de Bioseguridad	Contención Nivel 3	Básico Nivel 2	Básico Nivel 1	Básico Nivel 1	Básico Nivel 2 Contención Nivel 3
Equipo de seguridad	Gorro Gafas Respirador N95 Bata Guantes de látex Polainas <i>*Todos los elementos son desechables</i>	Gorro Gafas Tapabocas Bata Guantes de látex Polainas	Gorro Gafas Tapabocas Bata Guantes de látex Polainas	Gorro Gafas Tapabocas - respirador Bata Guantes de nitrilo Polainas	Gorro Gafas Tapabocas Bata Guantes de látex Polainas

Categorías	Laboratorio de Micobacterias	Laboratorio de Bacteriología	Laboratorio de Parasitología	Laboratorio de Toxicología	Laboratorio de Micología
Tipo de muestra	Espustos	Caldos	Heces fecales	Orina Fluidos biológicos	Naturales (papa – zanahoria) Muestras clínicas
Factores de riesgo (Alto)	Biológico Físico Químico	Biológico Físico	Biológico Físico	Biológico Químico	Biológico Físico Químico
CSB	Clase II tipo A1 (Investigación)	Clase II tipo A1 (Docencia)	Clase II tipo A1 (Docencia)	Cabina de extracción de gases y humos	Clase III Clase II tipo A1 (Docencia)
Sistema de ventilación controlada	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Entrada de doble puerta	No	No	No	No	Sí
Riesgo Perceptible (Alto)	Propagación de aerosoles	Manipulación de microorganismos esporulados y no esporulados	Contaminación fecal	Manipulación de tóxicos y reactivos	Aerosoles

Teniendo en cuenta los resultados de la inmersión en el contexto (tabla 5), podemos observar que los laboratorios donde existe el nivel de riesgo más alto son los laboratorios de Micobacterias y Micología, sin embargo, se optó por realizar el análisis en el laboratorio de Micobacterias, teniendo en cuenta que los estudiantes de la Escuela de Microbiología y Bioanálisis no tienen contacto con este laboratorio por ser de investigación y extensión.

5.2. ESTUDIO, ANÁLISIS Y RESULTADO DE LOS MICROMOVIMIENTOS REALIZADOS POR LAS MANOS EN EL PROCEDIMIENTO DE BACILOSCOPIA.

Por medio del análisis de tres videograbaciones en el manejo del procedimiento de baciloscopia, realizadas a tres operarios puntos de referencia diferente relacionados por la experiencia, mediante la siguiente estrategia:

Identificar patrones: El objetivo general fue identificar patrones de comportamiento frente a la habilidad de los actores de la situación y las conexiones entre los micromovimientos realizados por el operario.

Los objetivos específicos fueron:

- Definir la óptima secuencia de los micromovimientos con base a la comparación de los tres puntos de referencia dados por la experiencia de los participantes.
- Definir las conexiones entre los micromovimientos empleados en el desarrollo del procedimiento.
- Determinar las causas que generan variaciones sustanciales en el tiempo que es requerido para llevar a cabo los diferentes micromovimientos.
- Determinar las causas que generan dudas en el operario en el desarrollo del procedimiento.
- Determinar las causas y efectos relacionados con el problema de estudio: aprender a usar una cabina de seguridad biológica.

En primera medida se realizaron tres videograbaciones (figura 7), entre las cuales se establecieron puntos de comparación por experiencia, Experto, Aprendiz, Novato; descritos de la siguiente manera:

Experto: Bacterióloga profesional, vinculada al Laboratorio de Micobacterias de la Universidad Industrial de Santander, con más de 2 años de experiencia en el procedimiento de baciloscopia y en el manejo de CSB.

Aprendiz: Estudiante de práctica de Microbiología y Laboratorio Clínico de la Universidad Industrial de Santander, practicante en el Laboratorio de Micobacterias, lo cual le ha generado experiencia intermedia en el proceso de baciloscopia y en el manejo de CSB.

Novato: Estudiante de práctica de Microbiología y Laboratorio Clínico de la Universidad Industrial de Santander, sin conocimiento previo del proceso de baciloscopia ni del manejo de CSB; para la videograbación se le hizo entrega del protocolo explícito y se le permitió asistir a una práctica de laboratorio donde se desarrolló el procedimiento, para tener un punto de referencia del mismo.

Figura 7. Desarrollo de videograbaciones teniendo en cuenta la experiencia del operario.



Experto



Aprendiz



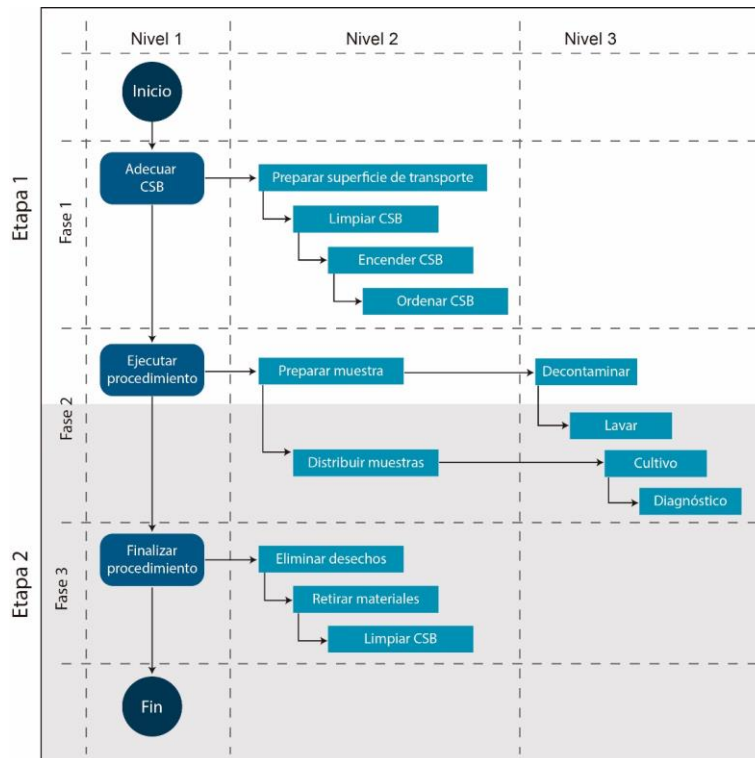
Principiante

El análisis de las videograbaciones se llevó a cabo por medio del Diagrama de Procesos Bimanual (Anexo B), el cual es una herramienta que muestra todos los movimientos y retrasos realizados por las manos, derecha e izquierda del operario, y sus respectivas relaciones. El propósito del uso de esta herramienta,

es identificar si existen patrones de movimientos ineficientes, para analizarlos y reemplazarlos, con el fin de facilitar los movimientos eficientes³³.

Por medio del análisis del procedimiento, se establecieron patrones de movimientos, obtenidos de la comparación entre los tres puntos de referencia sujetos al protocolo explícito, del cual se estableció la mejor secuencia de operaciones. El procedimiento está constituido por dos etapas, tres fases y dos niveles ascendentes (figura 8), obtenidos con base al árbol de funciones, el cual representa las funciones que se deben realizar para la manipulación de microorganismos patógenos en CSB, en este caso, tomando como procedimiento de estudio la baciloscopia.

Figura 8. Estructura del procedimiento con base al árbol de funciones

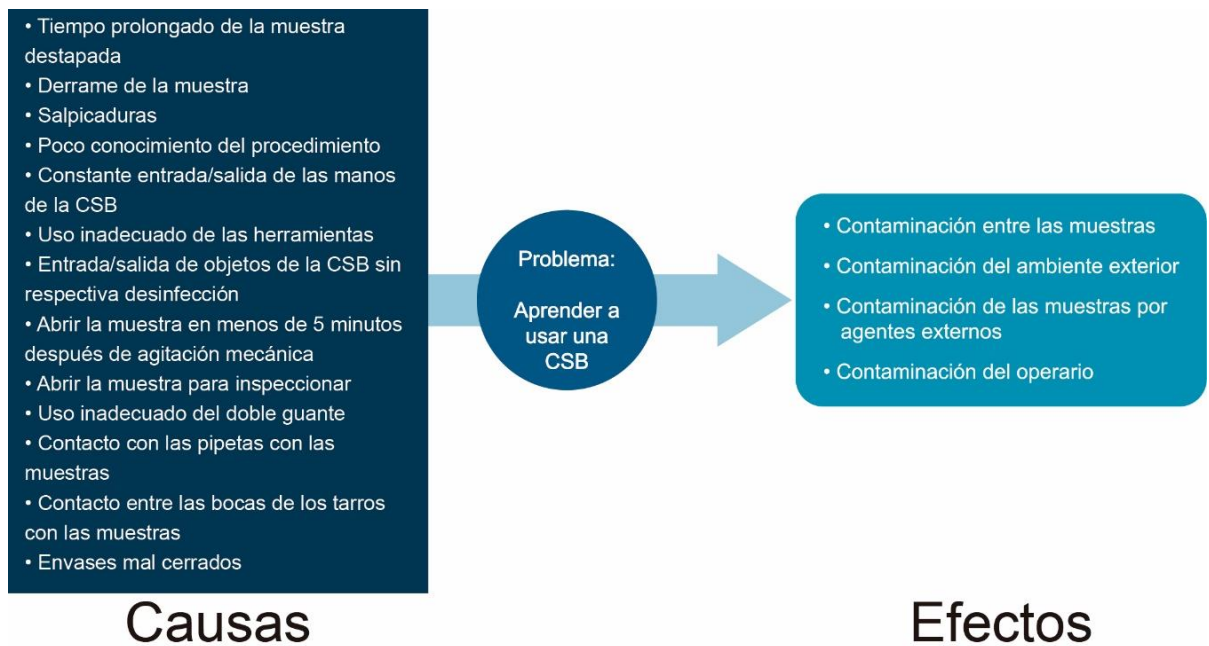


³³ NIEBEL, B. W., & FREIVALDS, A. Métodos, estándares y Diseño del trabajo. México: Alfaomega. 2004

La validación del árbol de funciones y su correcto planteamiento se realizó a partir del binomio cómo-para-qué, de las funciones secundarias con sus respectivas tareas y sus funciones principales, obteniendo de esta forma dos etapas que hacen referencia a los dos lapsos del procedimiento donde se trabaja dentro de la CSB, las tres fases, hacen referencia a cada uno de los estados sucesivos del procedimiento, dentro de los cuales es imperativo respetar su orden consecutivo para llevar a buen término el procedimiento; por otro lado, los niveles ubicados en sentido horizontal, se refieren a las operaciones necesarias de cada fase.

Dentro del análisis realizado, se lograron establecer las diferentes causas y efectos (figura 9) relacionados con el problema de estudio “Aprender a usar una CSB”, los cuales nos muestran las operaciones que se generan durante la manipulación y que contribuyen a un mal manejo dentro del procedimiento, que a su vez pueden generar tres tipos de efectos; contaminación entre las muestras, contaminación del ambiente exterior, contaminación de las muestras por agentes externos y contaminación del operario.

Figura 9. Causas y efectos del problema de estudio: aprender a usar una cabina de seguridad biológica



5.2.1 Resultado del estudio de los micromovimientos. El micromovimiento de mayor frecuencia es sostener, el cual hace referencia al tiempo en el que el operario mantiene con alguna de sus manos un objeto en una posición determinada.

En algunos casos se pudo observar que este micromovimiento se hace necesario, para darle soporte a los diferentes recipientes usados dentro del procedimiento, mientras que en otros casos, el operario mantiene en determinada posición u objeto a causa de la acción de micromovimientos innecesarios. Así mismo durante el análisis de las 3 grabaciones y su respectiva comparación, se obtuvo que el 28% del tiempo total del procedimiento desarrollado por el experto corresponde a micromovimientos innecesarios y el 31% del tiempo total del procedimiento desarrollado por el experto corresponde a micromovimientos inefectivos, evidenciando que el 59% del tiempo que el operario usa para el desarrollo del

procedimiento, lo gasto con micromovimientos que no generan mayor eficiencia en el procedimiento.

5.3. ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD DEL PROCEDIMIENTO BACILOSCOPIA EN FUNCIÓN DEL MANEJO DEL EXPERTO

Analizar el sistema: el objetivo general fue establecer el protocolo oculto del procedimiento baciloscopia.

Los objetivos específicos fueron:

- Identificar los procesos no presentes en el protocolo explícito realizados por el experto.
- Comparar los procesos realizados por el experto con el protocolo explícito.
- Generar el protocolo oculto teniendo en cuenta el protocolo explícito y el análisis de la videograbación realizada al experto.

Con base en los resultados obtenidos del análisis de las videograbaciones realizadas en el estudio de los micromovimientos, se establecieron los materiales necesarios para el desarrollo del procedimiento, presentes o no en el protocolo explícito del mismo. En la tabla 6, se muestra la ubicación de los diferentes materiales en relación a dos factores: zona de la superficie de trabajo y fase del procedimiento.

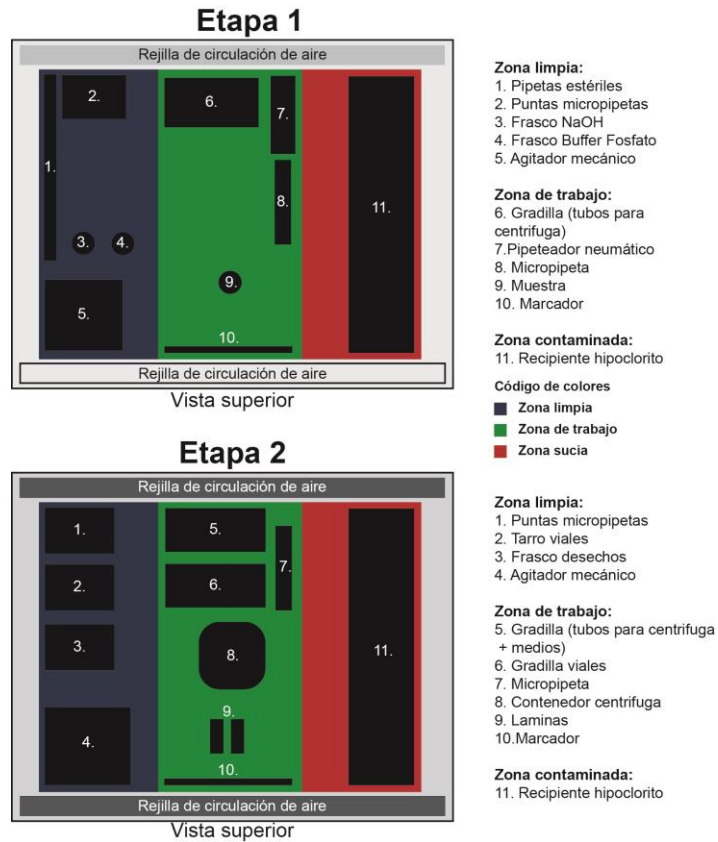
Tabla 6. Relación de los materiales con las zonas de la superficie de trabajo y las fases del procedimiento.

Zona	Material	Especificaciones	Fase
Externa	Pañuelos de papel		1 - 3
	Tarro con fenol 5%		1 - 3
	Dispensador con OH		1 - 3
Limpia	Un agitador tipo Agitador mecánico		3
	Pipetas estériles		3
	Pipeteador neumático		3
	Micropipeta		3
	Frasco con puntas para la micropipeta		3
	Frasco desechos	Vidrio y hermético	2
	Frasco con viales		2
Trabajo	Envases con las muestras	Ordenadas según numeración	3
	Gradilla conteniendo los tubos para centrifuga		3
	Gradilla conteniendo los medios de cultivo		2
	Frasco con NaOH	50 ml de solución decontaminante (NaOH 4%) por cada serie de muestras a procesar	1
	Frasco con buffer fosfato	200 ml de buffer fosfato pH 6,8 por cada serie de muestras a procesar	1
	Contenedor de la centrifuga con tubos		1
	Marcador		3
	Laminas		2
Contaminada	Gradilla viales		3
	Recipiente con hipoclorito 1%	Un recipiente de polipropileno, vidrio o acero inoxidable, autoclavables, conteniendo hipoclorito 1% e igual cantidad de agua, con capacidad suficiente para contener los sobrenadantes que se descartan	3

Dentro de una CSB, está dispuesta el área de trabajo, la cual se encuentra dividida en tres zonas, limpia, de trabajo y sucia, que se relacionan con la mano dominante del operario, es decir, para un operario diestro la zona sucia está dispuesta en su lado derecho y la zona limpia a su lado izquierdo, manteniendo siempre la zona de trabajo en el centro (para un operario surdo, la zona sucia está a su lado izquierdo y la zona limpia a su lado derecho). El propósito de esta disposición, es proporcionarle facilidad al operario al momento de disponer los elementos contaminados y no generar cruce con las demás áreas de trabajo, con el fin de minimizar riesgos de accidentes³⁴. En la figura 10 se puede observar la distribución del área de trabajo para un operario diestro, en relación a los elementos y materiales para desarrollar el procedimiento. El material limpio, se ubica en la zona limpia, las muestras se inoculan en el centro, y los elementos contaminados y otros materiales se colocan en los recipientes para desechos ubicados en la zona sucia.

³⁴ OMS. Manual de bioseguridad en el laboratorio de tuberculosis. Ginebra, Suiza: Organización mundial de la salud. 2013

Figura 10. Distribución de los elementos dentro de una CSB según etapas del procedimiento



5.3.1. Protocolo oculto. El protocolo oculto hace referencia a las operaciones que realiza el operario inmersas en el procedimiento que no están presentes en el protocolo de laboratorio (protocolo explícito).

Su importancia radica en que son las pautas que no se encuentran en la literatura, las cuales referencian las formas adecuadas de realizar las operaciones, basadas en las experiencias del experto. El protocolo oculto está constituido por 28 pasos generales (tabla 7), que indican el adecuado uso de una CSB durante el desarrollo del procedimiento, con el propósito de minimizar los posibles tipos de contaminación que se generan como efecto del mal uso de las cabinas.

Tabla 7. Protocolo oculto del procedimiento baciloscopia

No.	Tarea	T (min)	Operación
1	Preparación de la superficie de transporte	10	Acomodar los elementos en el carro de transporte
2	Preparación del operario	10	Colocarse los elementos de protección
3	Limpieza de la cabina	5	Limpiar la cabina con Fenol 5%
			Limpiar cabina alcohol 70%
4	Encender la cabina	10	Encender la cabina
			Digitar código estudiantil
5	Introducción de los materiales (ciclo)	8	Limpiar con alcohol al 70% e introducir elementos a la cabina
			Ubicación de elementos en el área de trabajo
6	Postura de gafas de seguridad por parte del operario	1	Ponerse gafas
7	Postura de doble guante por parte del operario	2	Ponerse el doble guante dentro de la cabina
8	Marcar elementos de trabajo	2	Marcar elementos de trabajo
9	Análisis del estado de la muestra	2	Analizar el estado de la muestra
10	Depositar la muestra en un tubo para centrifuga	1	Depositar la muestra en un tubo para centrifuga
11	Agregar decontaminante	2	Agregar decontaminante. Luego descartar pipeta en tarro de hipoclorito.
12	Programar cronometro	1	Quitarse los dobles guantes y programar el cronometro.
			Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina

Tabla 7. Protocolo oculto del procedimiento baciloscopia (continuación)

No.	Tarea	T (min)	Operación
13	Agitar en agitador mecánico	17	Agitar en agitador mecánico
		5	Dejar de agitar por 5 minutos antes de abrir la muestra, mientras se genera el precipitado
14	Agregar Buffer Fosfato pH 6,8	1	Agregar Buffer Fosfato pH 6,8
15	Ingresar contenedores de seguridad a la CSB	3	Quitarse los dobles guantes
			Ingresar contenedores de seguridad a la cabina, previa limpieza con alcohol 70%
			Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina
16	Ubicar tubos para centrifuga en contenedores	1	Ubicar tubos para centrifuga en contenedores
17	Retirar contenedores de seguridad de la CSB	2	Quitarse los dobles guantes
			Retirar contenedores de seguridad de la CSB
18	Adecuación del área de trabajo	8	Sacar elementos de la cabina y limpiarlos.
			Limpiar y entrar elementos a la cabina
			Ubicación de elemento en el área de trabajo
			Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina
19	Marcar elementos de trabajo	2	Marcar las láminas y viales con el código del paciente.
20	Retirar tubos para centrifuga del contenedor de seguridad	1	Abrir contenedor dentro de la cabina
			Sacar los tubos y ubicarlos en la gradilla
			Cerrar contenedor
21	Sacar el contenedor de la cabina	2	Quitarse los dobles guantes
			Sacar el contenedor de la cabina (11+14)*
			Limpiar contenedor
			Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina
22	Descartar sobrenadante	1	Desechar sobrenadante en tarro de desechos y ubicarlo en zona contaminada
23	Resuspender sedimento	2	Agregar 2 ml de Buffer Fosfato
24	Agitar en agitador mecánico	2	Agitar por 1 minuto en agitador mecánico
			Dejar descansar por 1 minuto

Tabla 7. Protocolo oculto del procedimiento baciloscopia (continuación)

No.	Tarea	T (min)	Operación
25	Distribuir muestra	7	Sembrar muestra en dos tubos de cultivo
			Marcar laminas y realizar frotis
			Marcar viales y ubicar resto de la muestra
26	Retirar elementos de la cabina	3	Quitarse los dobles guantes
			Sacar elementos de la cabina y limpiarlos (15, 12, 9, 8(17+18), 3, 2)*
27	Eliminar desechos	3	Sacar elementos de zona contaminada la cabina (13, 4, 16(1), 19)*
28	Apagar cabina	10	Apagar dispositivo

5.4. ESTUDIO DEL PROCESO DE BACILOSCOPIA EN FUNCIÓN DEL PRINCIPIANTE

Formular el modelo: el objetivo general fue definir las condiciones de funcionamiento del sistema de manipulación de microorganismos patógenos en cabinas de seguridad biológicas. Los objetivos específicos fueron:

- Analizar las variaciones sustanciales entre el procedimiento realizado por el experto, el aprendiz y el principiante.
- Definir la relación de importancia en las operaciones realizadas durante el procedimiento.
- Generar los puntos críticos evidenciados en el procedimiento.

Durante el análisis desarrollado al comparar los tres puntos de referencia, se evidenciaron operaciones realizadas por los diferentes operarios que generan variaciones sustanciales en el tiempo, las cuales se relacionan directamente con las causas mostradas en la figura 8, que contribuyen a un procedimiento con alto porcentaje presencia de contaminación ya sea entre las muestras, al operario o al ambiente.

- Dificultad para definir que materiales entrar, en cual orden y dónde ubicarlos.
- Constante cambio de posición de los objetos
- Introducir elementos no necesarios en la etapa a desarrollar (y luego retirarlos)
- Constante entrada y salida de las manos de la CSB
- No retirar el doble guante al sacar las manos de la CSB
- No limpiar los elementos al sacarlos de la CSB
- Constante revisión del protocolo

5.4.1. Puntos críticos. Definidos como las operaciones realizadas por el operario en las cuales se evidenciaron mayores dificultades que a su vez contribuían en gran medida a la posible contaminación durante el procedimiento.

Introducción de los elementos a la CSB

Los materiales y elementos que se introducen a la CSB, deben ser introducidos en un orden determinado, dado que el área de trabajo de la cabina es muy reducido, por lo cual si no existe un orden y se introducen los elementos sin previa revisión, se va a congestionar el área de trabajo, dificultando la manipulación de las muestras durante el desarrollo del procedimiento.

Ubicación de los elementos dentro de la CSB en relación a la zona de trabajo

Existen tres zonas de trabajo dentro de una CSB, zona sucia, zona de trabajo y zona limpia, las cuales referencian directamente el tipo de materiales y elementos que deben ir en cada una, esto con el propósito de minimizar la posible

contaminación, derrames y darle facilidad al operario de desarrollar el procedimiento.

Salpicaduras generadas por el operario durante el procedimiento

Durante la manipulación de microorganismos patógenos, uno de los mayores riesgos es la contaminación por aerosoles, que se da al tener la muestra abierta después de centrifugar, durante movimientos bruscos o salpicaduras, las cuales generan aerosoles que son potencialmente contagiosas al operario.

Orden de las operaciones del procedimiento

Para una adecuada realización del procedimiento, existen pasos muy específicos evidenciados en el protocolo oculto, los cuales contribuyen al buen manejo de la cabina para un óptimo resultado.

Uso del doble guante

Es necesario el uso del doble guante únicamente durante el desarrollo del procedimiento dentro de la CSB. Las manos son el principal punto de contacto con la muestra y el ambiente interno, por lo cual tener una barrera de contacto que se pueda retirar al sacar las manos de la CSB, minimiza las posibilidades de contaminación del operario.

5.5. ESTUDIO DE LOS ATRIBUTOS DE LA CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

El análisis de los atributos de la CSB se desarrolló con base al modelo de Noriaki Kano de satisfacción del cliente, el cual se ocupa de la relación de las expectativas de los clientes así como de su satisfacción. Por consiguiente el objetivo principal

éste análisis, es definir el grado de satisfacción de los diferentes atributos de una CSB con el propósito de ser usados en los requerimientos de diseño.

1. Pintura impermeable que resista la acción de decontaminantes
2. Textura lisa
3. Paredes laterales en vidrio transparente
4. Sistema de filtración de aire
5. Distribución del área de trabajo
6. Uso de papel dentro de la cabina
7. Bandeja de trabajo removible
8. Ventana frontal en vidrio abatible

La evaluación de los diferentes atributos se realizó mediante un cuestionario (Anexo C) a 31 usuarios de CSB, entre los cuales se encuentran Microbiólogos de la UIS y la UDES, profesores de microbiología de la UDES, y biólogos de la UIS; en el cuestionario se llevaron a cabo preguntas funcionales y disfuncionales con el objetivo de determinar el grado de satisfacción del usuario con y sin la presencia del atributo.

Los resultados del Anexo C y la figura 11 correspondientes al Modelo Kano, determinaron que la presencia de 'textura lisa', 'paredes laterales de vidrio transparente', 'distribución del área de trabajo' y 'ventana frontal en vidrio abatible', son atributos atractivos (A); los cuales por debajo de cierto umbral de funcionalidad, mantienen un nivel de satisfacción relativamente bajo y constante, pero que, una vez superado ese umbral, producen un aumento significativamente de la satisfacción.

Los atributos ‘sistema de filtración de aire’ y ‘uso de papel de estroza dentro de la cabina’, son considerados unidimensionales (U), lo que quiere decir que se caracterizan porque la satisfacción que producen aumenta de modo aproximadamente proporcional al nivel de funcionalidad.

Para terminar se encontró que el atributo ‘pintura impermeable que resista a la acción de decontaminantes’ es considerado obligatorio (O), ya que hacia gamas bajas de funcionalidad, aumenta la satisfacción en relación directa con la funcionalidad, pero superado cierto umbral, deja de producir incremento importante en la satisfacción.

Figura 11. Resultados Modelo KANO



6. REQUERIMIENTOS

Se establecieron los siguientes requerimientos con base en los estudios, datos y conclusiones previos realizados a la manipulación de microorganismos patógenos dentro de cabinas de seguridad biológicas, con el propósito de dar comienzo a la etapa de generación de alternativas. De igual forma, estos se clasificaron por escala de importancia con los siguientes criterios: Taxativos (T), Deseables (D) u Opcionales (O).

Tabla 8. Requerimientos de diseño

Requerimientos de diseño	Clasificación
Requerimientos de uso	
Debe tener manual de usuario del dispositivo	T
Generar señales de retroalimentación a partir de las operaciones del usuario.	D
Mostrar indicaciones de forma progresiva y jerárquica del procedimiento a realizar.	D
Identificar la entrada y salida de elementos de la cabina.	D
Uso de papel dentro de la cabina (simulación papel absorbente).	D
El área de trabajo debe está relacionada con la mano dominante del usuario.	T
El área de trabajo debe indicar sus zonas: limpia, de trabajo y contaminada.	T
Requerimientos de función	
Único sistema de encendido/apagado.	T
Ventilación adecuada para el sistema electrónico.	T
Debe simular el Sistema de filtración de aire ¹	D
Debe generar un nivel sonoro acorde a la norma NSF492 ² . Parámetro: <65 dBA.	T
Debe tener contador de tiempo.	T
Requerimientos ergonómicos	
Debe tener en cuenta valores antropométricos de la región nororiental colombiana en un rango de 19 a 24 años. Parámetros: Alcance de brazo frontal: p5 de mujeres equivalente a 61,9 cms; Profundidad de tórax: p95 de mujeres equivalente a 28,2 cms; Ancho de codos: p50 en mujeres equivalente a 41,8 cms; Longitud de codo-dedo medio: p50 en mujeres	T

Requerimientos de diseño	Clasificación
equivalente a 42,1 cms.	
Los comandos no deben interferir con las tareas a realizar.	D
Debe usar lenguaje de uso universal.	T
Uso de guantes durante el procedimiento.	T
Debe usar tipografías de alta visibilidad en la configuración y tamaño.	T

Requerimientos de estructura

Debe tener un tamaño máximo de una cabina de seguridad biológica FLC-85/3 pies. Parámetro: 890x 77,6x132,5 cms.	T
El área de trabajo debe guardar el tamaño de un cabina de seguridad biológica FLC-85/3 pies. Parámetro: 80 x 60 x 60 cms.	T
Debe tener un peso máximo de una cabina de seguridad biológica FLC-85/3 pies. Parámetro: 120 kg (sin accesorios).	T
Las uniones deben ser exactas.	T
Las paredes laterales deben ser transparentes.	T
La textura debe ser lisa.	T
El material debe resistir a la acción de decontaminantes.	T
Bandeja de trabajo removible.	T
La estructura debe contener el sistema electrónico.	T
Ventana frontal en vidrio abatible. Parámetro: inclinación de 9°.	T
Ubicación sobre una superficie horizontal.	T
El interior de la cabina debe simular acero inoxidable. Parámetro: Acero inoxidable 304.	T
La resolución de la pantalla debe ser de alto contraste e iluminación	D

Requerimientos técnico-productivos

Los materiales no deben ser conductores de electricidad.	T
Materiales resistentes a agentes químicos, humedad, frío y golpes.	T
Posibilidad de acceder a sus componentes para su mantenimiento.	T
Posibilidad de cambiar sus piezas por desgaste o daños.	T
Debe tener una sola entrada de conexión a corriente eléctrica	T
La estructura debe estar completamente sellada en la cual el acceso a su sistema electrónico solo sea por parte de mantenimiento.	T

Requerimientos de mercado

Debe usar la identidad característica de equipos de laboratorio.	T
--	---

Requerimientos formal estéticos

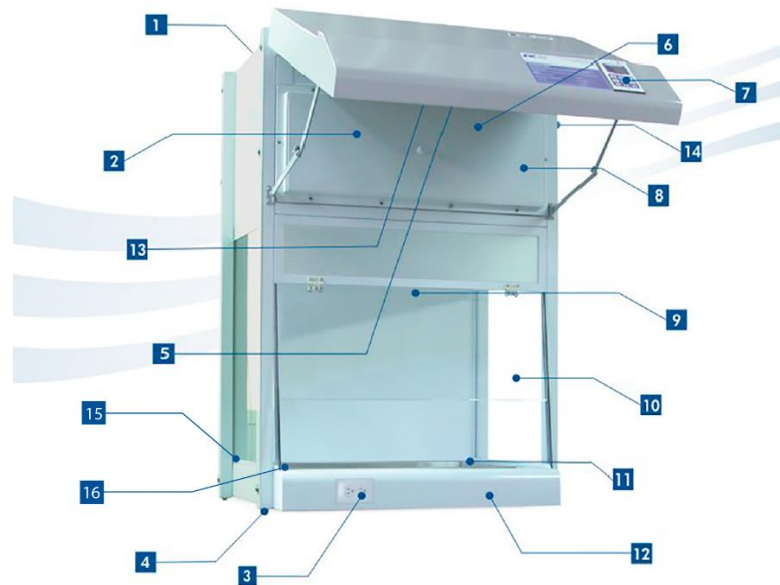
Debe simular formalmente una cabina de seguridad biológica.	T
Debe mostrar completa asepsia, descontaminación y libre de grietas.	T
El dispositivo debe tener coherencia entre sus componentes	T

7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Después del desarrollo de la fase de investigación y análisis, se comenzó con el planteamiento de propuestas de solución a los diferentes puntos críticos del procedimiento, obtenidos del “Estudio del proceso de baciloscopia en función del principiante”; este proceso es denominado diseño del modelo.

Para comenzar a generar conceptos fue necesario realizar un Análisis de las Partes-Funciones de una CSB (figura 11 – tabla 9), con el propósito de poder identificar los componentes que se deben simular en el dispositivo, para mantener coherencia con el sistema real.

Figura 12. Partes de una cabina de seguridad biológica.



Fuente: Grupo C4

Teniendo en cuenta que en los laboratorios de la Escuela de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander, las CSB presentes son fabricadas por el grupo C4 ubicado en la urbanización Acopi Yumbo Cali, en el departamento del Valle del Cauca, el cual se ha dedicado desde 1984 al control de la contaminación con el fin de brindar seguridad, a las personas, productos, procesos y al medio ambiente, se tomó como referencia para el presente análisis, con el propósito de mantener la mayor similitud al contexto actual.

El grupo C4 define las CSB como equipos que ofrecen protección al trabajador y a su entorno, como protección al material biológico-infeccioso que se manipula en su interior, mediante flujos de aire direccionados y filtrados con alta eficiencia. Que aunque varían en su construcción y especificaciones, dependiendo de su clase y tipo, y de los diseños finales de los diversos fabricantes, se caracterizan por disponer de los siguientes sistemas comunes:

Extracción. Este sistema está compuesto por uno o dos conjuntos motor-ventilador. Suministra la energía mecánica necesaria para mover el aire desde el exterior a la cabina hasta su extracción final una vez ha sido filtrado. Un conjunto de conductos permiten dirigir y controlar el flujo del aire dentro de la cabina, desde la zona o mesa de trabajo hasta el sistema de filtración.

Filtración. Es quizá uno de los sistemas más importantes de las cabinas de seguridad biológica. Está conformado por filtros tipo HEPA en donde se llevan a cabo los procesos de retención de partículas, aerosoles y contaminantes. De su estado dependerá en buena parte el correcto funcionamiento de la cabina. En general, los diseños de las cabinas permiten la utilización de filtros de tamaño estándar.

Control. Está integrado por diversos dispositivos que permiten regular el funcionamiento de los componentes que conforman la cabina. Permite encender o apagar los motores, el sistema de iluminación y las alarmas que permiten detectar la ocurrencia de situaciones anormales. Los dispositivos generalmente se encuentran ubicados en cajas independientes del resto de elementos para facilitar las actividades de mantenimiento pues no interfieren con las zonas de trabajo. Así se evita que pudieran llegar a contaminarse generando situaciones ambientales peligrosas para los operadores o los técnicos de mantenimiento.

Cuerpo. Está compuesto por la estructura y el conjunto de elementos que conforman las partes exteriores e interiores como la mesa de trabajo, las bandejas colectoras, los laterales y la ventana frontal junto con sus dispositivos de fijación.

Accesorios. Son un conjunto de dispositivos que permiten que en la cabina de seguridad biológica se puedan tener instalados servicios tales como vacío y elementos usados en los procesos de desinfección como la lámpara de luz ultravioleta. Algunos fabricantes ofrecen plataformas o bases que permiten controlar de manera muy exacta las condiciones ergonómicas requeridas para facilitar las actividades por parte de operadores de diversas características.

Tabla 9. Análisis de los componentes de una cabina de seguridad biológica.

No*	Parte	Funciones	Componente
1	Filtro de extracción	<ul style="list-style-type: none"> • Protección del medio ambiente externo • Protección del operario • Protección del producto de la contaminación externa • Protección de contaminación entre muestras • Limpiar área 	Extracción
2	Tapa de sección ventilador	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger ventilador • Limitar área • Contener partes 	Cuerpo

No*	Parte	Funciones	Componente
		<ul style="list-style-type: none"> Resistir corrosión Facilitar acceso Proteger al usuario 	
3	Toma Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Dar electricidad a objetos ubicados dentro de la cabina Resistir desgaste 	Cuerpo
4	Tornillo de nivelación	<ul style="list-style-type: none"> Nivelar altura de la cabina Resistir desgaste Resistir corrosión 	Cuerpo
5	Tablero eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de alarma visual y sonora Cronometro Resistir desgaste 	Control
6	Sección ventilador	<ul style="list-style-type: none"> Trasmitir circulación de aire Resistir corrosión Absorber el aire (del ambiente) a través de la abertura frontal a una velocidad promedio de 75 pies lineales por segundo (38,1 cm/s). Pasar el aire a los filtros HEPA 	Extracción + Filtración
7	Controles	<ul style="list-style-type: none"> Encender la CSB Apagar la CSB Indicar estado de seguridad de la CSB Sistema de alarma visual y sonora Regular la relación 30/70 del flujo de aire³⁵ 	Control
8	Filtro suministro HEPA	<ul style="list-style-type: none"> Filtración del aire para ser descargado al exterior de la cabina Filtrar el aire que recircula dentro de la cabina Protección al medio ambiente Filtrado del 99,99% del aire Filtrar partículas de 0.3 micrómetros de diámetro Retención de partículas por impacto directo a las fibras Retención de partículas por intercepción entre las fibras Retención de partículas por atracción electrostática 	Filtración

³⁵ Aproximadamente el 30% del volumen del aire que circula es extraído de la cabina; el 70% restante es recirculado hacia la zona de trabajo.

No*	Parte	Funciones	Componente
9	Lámpara luz ultravioleta	<ul style="list-style-type: none"> • Esterilización • Eliminar toda clase de bacterias y virus sin dejar residuos 	Accesorios
10	Ventana frontal	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir visibilidad al operario • Proteger al operario 	Cuerpo
11	Bandeja de trabajo removible	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar área de trabajo • Resistir desgaste • Resistir corrosión • Contener objetos • Limitar fluidos 	Cuerpo
12	Porta – bandeja	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar el área de la bandeja de trabajo • Resistir desgaste • Resistir corrosión • Contener la bandeja de trabajo 	Cuerpo
13	Lámpara fluorescente	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminar el área de trabajo 	Accesorios
14	Conexión eléctrica	Brindar corriente eléctrica a la CSB	Cuerpo
15	Rejilla trasera	<ul style="list-style-type: none"> • Succión de aire que ha circulado sobre la superficie de trabajo (aire potencialmente sucio). • Descargar el aire por el ventilador hacia los filtros HEPA • Resistir corrosión 	Extracción + Filtración
16	Rejilla delantera	<ul style="list-style-type: none"> • Succión de aire del laboratorio (aire de entrada) • Descargar el aire por el ventilador hacia los filtros HEPA • Resistir corrosión 	Extracción + Filtración

*Número relacionado en los componentes de la figura 12

Teniendo en cuenta que los componentes del sistema de Extracción y Filtración tienen en común varias partes de una CSB, y dado que el presente dispositivo es con fines de simulación, se van a unir, con el propósito de simular el sistema completo. De igual forma el sistema “Accesorios”, al no ser de obligatorio cumplimiento y estar presente siempre en las CSB, no se tomará como punto a simular en la CDS.

7.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

La naturaleza y cantidad de datos que fueron necesarios recolectar han sido determinadas por el análisis del sistema y del modelo. Fue importante definir con claridad los datos que el modelo requirió para obtener los efectos esperados. Los datos fueron suministrados por los análisis realizados en el punto 5 del presente estudio y fueron adecuados a los requerimientos del modelo. Dentro de la recolección de datos se tuvieron en cuenta principalmente los puntos críticos obtenidos en el punto 5.4 del presente estudio y los componentes de una CSB obtenidos por medio del análisis de las partes-funciones.

Figura 13. Relación de la recolección de datos de diseño



Los datos a tener en cuenta para el diseño del modelo deben cumplir con un orden jerárquico entre ellos, como podemos observar en la figura 13, en el parte interna encontramos a los puntos críticos obtenidos del estudio 5.4. “Estudio del proceso de baciloscopia en función del principiante”, los cuales hacen referencia al procedimiento de estudio, sin embargo, estos puntos críticos no pueden salirse del marco de los componentes de una CSB, dado que es un modelo de simulación, el

cuál debe tener la mayor relación posible con la realidad; a su vez, estos datos se encuentran enmarcados en los requerimientos de diseño, los cuales están basados en el estudio 5.5. “Estudio de los atributos de la cabina de seguridad biológica” que nos dan las pautas y parámetros para poder generar un alto grado de satisfacción en el usuario.

7.2. DISEÑO DEL MODELO

Se realizó por medio de las relaciones propuestas en las alternativas de solución de los diferentes puntos críticos y la simulación de los componentes de la CSB. Con estas condiciones se diseña el modelo que intenta corresponder a las propiedades del sistema en el mundo real, pasando de un modelo cualitativo a un modelo cuantitativo y ejecutable.

7.2.1 Alternativas y selección. Con el fin de explorar las diferentes posibilidades de solucionar los puntos críticos, se generaron tres alternativas de solución, teniendo en cuenta las especificaciones del proyecto. Estas alternativas cuentan con el apoyo y asesoría de un Ingeniero Electrónico, como soporte para el desarrollo de las mismas.

Se usó el método de objetivos ponderados, el cual es un medio para evaluar y comparar las alternativas de solución, que determina el valor global de una propuesta de diseño en relación con los objetivos que el mismo debe alcanzar. Este método asigna pesos numéricos a los objetivos y calificaciones numéricas a las alternativas de solución, los cuales son medidos contra los objetivos correspondientes. Los objetivos específicos son:

- Analizar la relación existente con los esquemas mentales de los estudiantes y las alternativas de solución propuestas.
- Determinar la percepción de aceptación generada por las diferentes propuestas de solución.

El método consta de los siguientes pasos:

- 1. Preparar la lista de objetivos de diseño:** Se establecieron criterios de evaluación basados en objetivos de diseño, los cuales responden a factores técnicos, económicos, requerimientos de los usuarios y de rendimiento.
- 2. Ordenar la lista de objetivos:** Ordenar la lista de objetivos teniendo en cuenta el orden de importancia entre ellos. En este caso se usó la técnica de Comparación Sistemática de Pares Objetivos, en la cual se comparan los objetivos uno a uno, otorgando una ponderación de -1, 0, 1 en relación a su importancia. Una vez realizadas todas las comparaciones, se realiza la sumatoria de las filas con el fin de obtener el orden de importancia.
- 3. Asignar a los objetivos ponderaciones relativas:** Teniendo en cuenta la comparación sistemática de pares objetivos, se realizó una distribución de 0,15 a 10 puntos entre todos los objetivos, concediendo puntos con base en el valor relativo.
- 4. Establecer calificaciones de utilidad para cada uno de los objetivos:** Los objetivos planteados deben convertirse en parámetros que puedan medirse, es decir, pasar de un factor cualitativo a uno cuantitativo, para esto se usó la escala de likert, con una ponderación de 1 a 10. Se aplicaron métodos diferentes para establecer las diferentes calificaciones de utilidad de las diferentes alternativas, teniendo en cuenta la relación existente con la percepción de aceptación de los posibles usuarios y/o la evaluación técnica de las mismas.

Puntos críticos: Introducción de los elementos a la CSB y Uso del doble guante.

Teniendo en cuenta que estos puntos críticos son imperativos dentro del procedimiento y responden a la retroalimentación de la CDS debe realizarle a los estudiantes, el protocolo de esta evaluación se realizó por parte del ingeniero electrónico, al cual se le entrego un formato de evaluación (Anexo D) teniendo en cuenta los criterios que responden a factores técnicos, económicos, y de rendimiento, generados en la técnica de comparación sistémica de pares objetivos.

Punto crítico: Ubicación de los elementos dentro de la CSB en relación a la zona de trabajo.

Teniendo en cuenta que este punto crítico responde directamente a la percepción del usuario, en relación al esquema mental preestablecido de la forma de los elementos, el protocolo de esta evaluación se realizó por medio de focus groups, cada uno desde 5 estudiantes, teniendo en cuenta el siguiente método:

Método: Relación de la ubicación en el área de trabajo con el elemento.

Se entregaron las 3 alternativas visuales de solución para las cuales debieron ubicar el nombre del elemento que consideraron estaba ubicado en ese punto, de forma posterior se hizo entrega de las respectivas soluciones, con el propósito de confrontar la percepción de los estudiantes con solución real.

Muestra: 60 estudiantes de quinto nivel de la Escuela de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander.

Evaluación: Calificaciones de utilidad de los objetivos

A cada estudiante se le hizo entrega de un formato de evaluación (Anexo E), en el cual debían ubicar el número de aciertos y ponderar por medio de una escala de Likert de 1 a 10 el grado de aceptación que cada alternativa le generó, teniendo en

cuenta en los criterios que responden a factores técnicos, económicos, y de rendimiento, generados en la técnica de comparación sistémica de pares objetivos. La calificación es promedio del producto entre el número de aciertos y la ponderación obtenida en la Escala de Likert.

Punto crítico: Orden de las operaciones del procedimiento

Teniendo en cuenta que este punto crítico responde directamente a la percepción de comprensión de los estudiantes en relación a las propuestas visuales, el protocolo de esta evaluación se realizó por medio de focus groups, cada uno desde 5 estudiantes, teniendo en cuenta el siguiente método:

Método: Card sorting

Se entregaron las 2 alternativas visuales de solución para las cuales debieron relacionar el orden del procedimiento, de forma posterior se hizo entrega de las respectivas soluciones, con el propósito de confrontar la percepción de los estudiantes con solución real.

Muestra: 60 estudiantes de quinto nivel de la Escuela de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander.

Evaluación: Calificaciones de utilidad de los objetivos

A cada estudiante se le hizo entrega de un formato de evaluación (Anexo F), en el cual debían ubicar el número de aciertos y ponderar por medio de una escala de Likert de 1 a 10 el grado de aceptación que cada alternativa le generó, teniendo en cuenta en los criterios que responden a factores técnicos, económicos, y de rendimiento, generados en la técnica de comparación sistémica de pares objetivos. La calificación es promedio del producto entre el número de aciertos y la ponderación obtenida en la Escala de Likert.

Puntos críticos: Salpicaduras generadas por el operario durante el procedimiento.

Teniendo en cuenta que este punto crítico tiene relación directa con la manipulación de microorganismos patógenos, el protocolo de esta evaluación se realizó por parte de un profesor de la Escuela de Microbiología y Bioanálisis, el cual acompañó y asesoró todo el desarrollo del proyecto, con el fin de mantener relación directa con el contexto.

- 5. Calcular y comparar los valores de utilidad relativa de las alternativas de solución:** Se debe considerar cada alternativa de solución y calcular para cada una de ellas una calificación para su rendimiento teniendo en cuenta los parámetros establecidos, para esto se debe multiplicar la calificación por el valor del peso, para obtener así un valor de utilidad relativo a cada alternativa con respecto a los objetivos planteados.

7.3. DISEÑO DE DETALLE

Corresponde al resultado del proceso de diseño, con base en la selección de las alternativas de solución para cada uno de los puntos críticos del procedimiento y la simulación de los componentes del sistema. En este punto se presenta la solución electrónica, estructural y el presupuesto para la construcción de la CDS.

8. RESULTADOS DEL PROCESO DE DISEÑO

Para dar comienzo a la solución de los diferentes puntos críticos se da inicio al proceso creativo con la generación de diferentes alternativas por medio de conceptos. Cada concepto maneja diferentes enfoques las cuales se evaluarán y seleccionaran con base en la evaluación de alternativas a partir del método de evaluación por objetivos.

8.1 ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN

8.1.1. Alternativas de solución

Punto crítico: Introducción de los elementos a la CSB

Alternativa 1: Selección vía cámara e identificadores visuales.

Se propone una serie de marcadores visuales para cada uno de los elementos a ingresar, los cuales serán identificados con una cámara; éstos marcadores visuales estarán codificados en un conjunto de N colores en conjuntos de N identificadores.

Alternativa 2: Selección vía marcadores RFID.

Se propone adicionar a cada elemento a introducir a la CSB un marcador RFID (Radio Frequency IDentification) con lo cual se podrán identificar los elementos al ser entrados a la CSB sin importar su posición, lo que permitirá identificar el orden correcto o no de los elementos a la entrada y salida de la misma.

Alternativa 3: Relación numérica entre los elementos y la distribución.

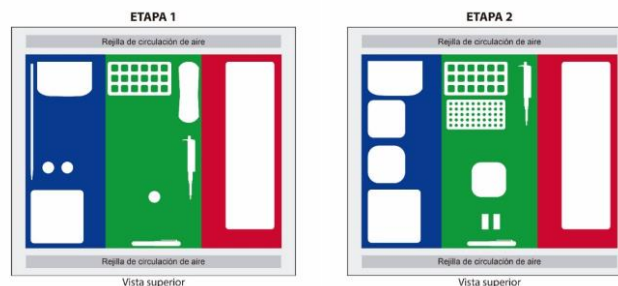
Se propone la ubicación de números en cada uno de los elementos a ingresar, los cuales se relacionan directamente en la superficie de trabajo, con su orden y posición.

Punto crítico: Ubicación de los elementos dentro de la CSB en relación a la zona de trabajo.

Alternativa 1: Relación de los elementos con la superficie de trabajo por medio de siluetas.

Esta alternativa se realiza con base en las siluetas de los diferentes elementos que son ubicados dentro de la CDS, con el propósito de generar identificación con base en los esquemas mentales ya establecidos en los estudiantes.

Figura 14. Alternativa de ubicación de elementos en la CSB 1

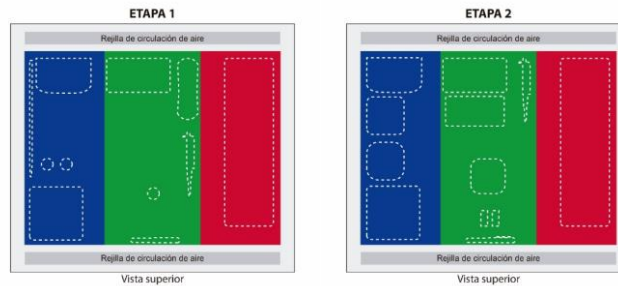


Alternativa 2: Relación de los elementos con la superficie de trabajo por medio de contornos.

Esta alternativa se realiza con base en las siluetas de los diferentes elementos que son ubicados dentro de la CDS, sin embargo, se delinean únicamente los contornos, con el fin de intervenir lo menos posible en el área de trabajo. De igual

forma el propósito es generar identificación con base en los esquemas mentales ya establecidos en los estudiantes.

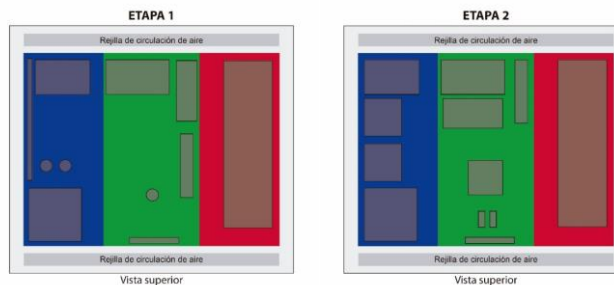
Figura 15. Alternativa de ubicación de elementos dentro de la CDS 2



Alternativa 3: Relación de los elementos con la superficie de trabajo por medio de sombras.

Esta alternativa se realiza con base en las áreas de los diferentes elementos que son ubicados dentro de la CDS. De igual forma el propósito es generar identificación con base en los esquemas mentales ya establecidos en los estudiantes.

Figura 16. Alternativa de ubicación de elementos dentro de la CDS 3



Punto crítico: Salpicaduras generadas por el operario durante el procedimiento.

Alternativa 1: Superficie indicadora de salpicaduras

Papel test con Cobalto (II) Cloruro para detección de humedad y vapor de agua, este papel cambia de color de azul fuerte a rosa brillante en presencia de agua o vapor de agua. El color azul indica sequedad en el aire y el color rosa indica humedad. Se suministra en cajas de 10 unidades.

Alternativa 2: Muestra de color

Muestra líquida de Azul de metileno que al tener contacto con la superficie de trabajo, indique salpicaduras.

Alternativa 3: Luz Ultra violeta

Muestra sensible a luz ultravioleta con el propósito de resaltar los puntos en los cuales por acción de fuerza mecánica se generen salpicaduras en el área de trabajo.

Alternativa 4: Sensor de temperatura y humedad integrado

Este sensor permite la toma de los valores de: temperatura y humedad del medio ambiente, básicamente son sensores capacitivos para la medición de humedad y termistores para la temperatura.

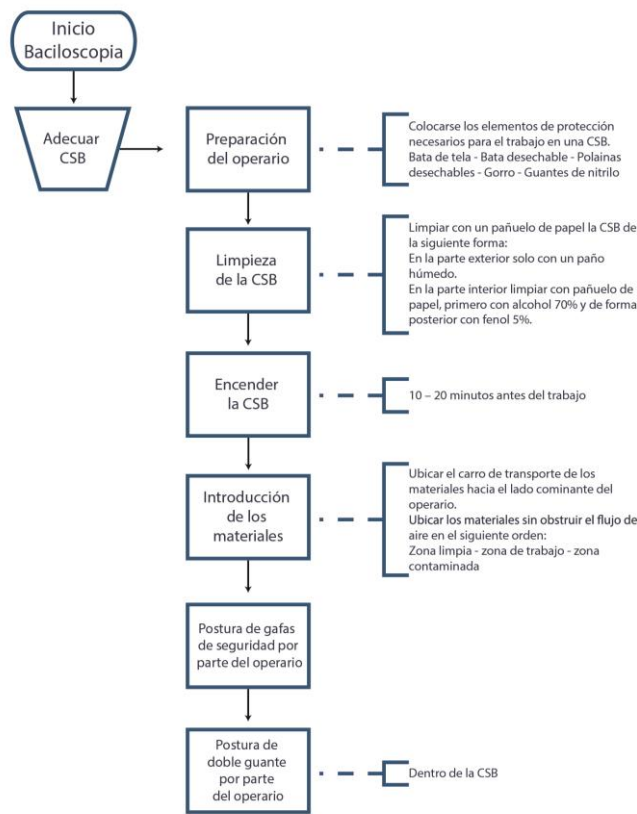
Punto crítico: Orden de las operaciones del procedimiento

Alternativa 1: Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es una representación gráfica de los flujos de trabajo paso a paso de las actividades y operaciones de los componentes de un sistema, en este caso específico de la manipulación de microorganismo patógenos dentro de CSB,

el cual puede cambiar dependiendo del microorganismo, para esto se tomó como base el protocolo oculto desarrollado en la tabla 7.

Figura 17. Alternativa para el orden de las operaciones del procedimiento 1

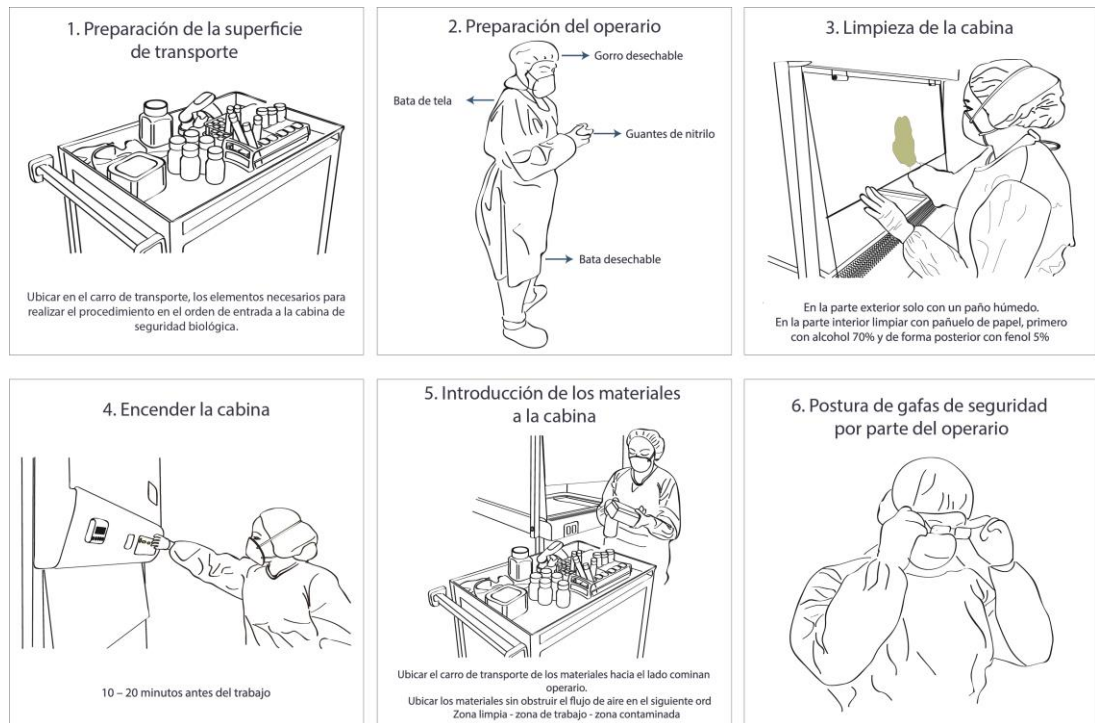


Alternativa 2: Diagrama de uso

El diagrama de uso es una representación gráfica de comportamiento. Teniendo en cuenta que es un mecanismo de organización, un promueven una imagen de fácil comprensión del comportamiento del sistema, en relación usuario/equipo. Contienen una descripción escrita del comportamiento del sistema, al afrontar una tarea u operación específica, en este caso, de la manipulación de microorganismo

patógenos dentro de CSB, para esto se tomó como base el protocolo oculto desarrollado en la tabla 7.

Figura 18. Alternativa para el orden de las operaciones del procedimiento 2



Punto crítico: Uso del doble guante

Alternativa 1: Marcador magnético

Se propone un marcador magnético para el par adicional de guantes con el fin de detectar su salida de la sala.

Alternativa 2: Marcadores RFID

Se propone adicionar un marcador RFID (Radio Frecuency IDentification) con lo cual se podrán identificar la entrada y salida de los guantes de la CSB.

Alternativa 3: Selección vía cámara e identificadores visuales

Se propone la ubicación de un marcador de color que permita la identificación de la entrada y salida de los guantes de la CSB.

8.1.2. Evaluación de alternativas a partir del método de evaluación por objetivos ponderados. En la evaluación de alternativas se realiza con base en los objetivos que debe alcanzar el diseño final, la cual determina el valor de las diferentes propuestas de diseño con relación a los objetivos. En la tabla 10 se establecen los criterios a evaluar que responden a factores técnicos, económicos, y de rendimiento; usando la técnica de comparación sistémica de pares objetivos.

Tabla 10. Técnica de comparación sistémica de pares objetivos

	OBJETIVOS	A	B	C	D	E	F	G	H	TOTAL
A	Bajo costo	-	1	0	0	1	1	0	0	3
B	Fácil mantenimiento	0	-	0	0	0	1	0	0	1
C	Fácil comprensión	1	1	-	1	1	1	1	1	7
D	Retroalimentación	1	1	0	-	1	1	0	0	4
E	Accesibilidad materia prima	0	1	0	0	-	1	0	0	2
F	Bajo gasto energético	0	0	0	0	0	-	0	0	0
G	Similitud al sistema real	1	1	0	1	1	1	-	1	6
H	Indicación del proceso	1	1	0	0	1	1	0	-	4

Por consiguiente teniendo en cuenta la columna “Total” de la tabla 10, se pudo establecer el orden de importancia de los objetivos que debe cumplir el diseño, así mismo, se asignó un valor relativo a cada uno, teniendo en cuenta el objetivo “Fácil comprensión” ponderado con mayor grado de importancia.

Tabla 11. Asignación de ponderación relativa a objetivos de diseño

Ponderación	Objetivo	Ponderación relativa (peso)
1	Fácil comprensión	1
2	Similitud al sistema real	0,9
3	Retroalimentación	0,75
4	Indicación del proceso	0,75
5	Bajo costo	0,6
6	Accesibilidad a la materia prima	0,45
7	Fácil mantenimiento	0,3
8	Bajo gasto energético	0,15

Con el fin de convertir los objetivos planteados en parámetros que puedan medirse, es decir, pasar de un valor cualitativo a uno cuantitativo, se establecieron calificaciones de utilidad para cada objetivo en relación a las diferentes propuestas de solución a los puntos críticos.

Punto crítico: Introducción de los materiales a la CSB y uso del doble guante

Teniendo en cuenta que estos puntos críticos responden directamente a soluciones con componentes electrónicos, la calificación de utilidad fue realizada por un ingeniero electrónico, encargado de dar soporte y retroalimentar el proyecto. En la tabla 12, se puede observar que en la relación peso relativo-calificación de utilidad, la alternativa seleccionada es la número dos, que corresponde a: “Selección vía marcadores RFID”. Cabe resaltar la importancia de usar un mismo sistema electrónico para solucionar los dos puntos críticos, dado que tienen la misma filosofía de entrada y salida de elementos de la cabina, en la cual las variaciones en sus especificaciones se realizan por medio de la programación del dispositivo.

Tabla 12. Selección de alternativa para el punto crítico "Introducción de los materiales a la CSB"

Objetivo	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		C*	V**	C*	V**	C*	V**
Bajo Costo	1	5	5	5	5	9	9
Fácil mantenimiento	0,9	2	1,8	7	6,3	10	9
Fácil comprensión	0,75	3	2,25	10	7,5	6	4,5
Retroalimentación	0,75	3	2,25	10	7,5	0	0
Accesibilidad materia prima	0,6	7	4,2	7	4,2	10	6
Bajo gasto energético	0,45	4	1,8	4	1,8	9	4,05
Similitud al sistema real	0,3	3	0,9	10	3	5	1,5
Indicación del proceso	0,15	5	0,75	10	1,5	3	0,45
Valor general de utilidad		18,95		36,8		34,5	

*C: Hace referencia a la calificación de utilidad

**V: Hace referencia al valor de la alternativa, en relación peso x calificación

Punto crítico: Ubicación de los elementos dentro de CSB en relación a la zona de trabajo

Teniendo en cuenta que este punto crítico responde directamente a la percepción de los futuros usuarios, en relación al esquema mental preestablecido de la forma de los elementos, la calificación de utilidad fue por un grupo de 60 estudiantes de quinto nivel de la Escuela e Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander. En la tabla 13, se puede observar que en la relación peso relativo-calificación de utilidad, la alternativa seleccionada es la número uno, que corresponde a: "Relación de los elementos con la superficie de trabajo por medio de siluetas".

Tabla 13. Selección de alternativa para el punto crítico "Introducción de los materiales a la CSB"

Objetivo	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
		C	V	C	V	C	V
Bajo Costo	1	5,6	5,6	6,4	6,4	3,2	3,2
Fácil mantenimiento	0,9	5,2	4,68	2,1	1,89	6,7	6,03
Fácil comprensión	0,75	8,7	6,525	5,4	4,05	3,2	2,4
Retroalimentación	0,75	7,1	5,325	6,7	5,025	4,1	3,075
Accesibilidad materia prima	0,6	8,2	4,92	7,9	4,74	7,3	4,38
Bajo gasto energético	0,45	5,4	2,43	7,2	3,24	4,6	2,07
Similitud al sistema real	0,3	8,2	2,46	7,3	2,19	4,1	1,23
Indicación del proceso	0,15	7,2	1,08	6,4	0,96	3,1	0,465
Valor general de utilidad		33,02		28,495		22,85	

*C: Hace referencia a la calificación de utilidad

**V: Hace referencia al valor de la alternativa, en relación peso x calificación

Punto crítico: Salpicaduras generadas por el operario durante el procedimiento

Durante todo el proyecto se contó con el apoyo, acompañamiento y asesoría de un profesor de la Escuela de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de mantener una relación directa y similitud con el proceso real. Al analizar las propuestas y posibles soluciones el profesor encuentra que la alternativa 1, 3 y 4 no son viables para el desarrollo del proyecto por los siguientes factores:

Alternativa 1: Superficie indicadora de salpicaduras, se propuso por medio de Papel test con Cobalto (II) Cloruro para detección de humedad y vapor de agua, el cual además de tener un elevado costo, ser de carácter de importación, cuenta con una dificultad aun mayor, el Cloruro de Cobalto II, puede afectar al operario al ponerse en contacto con la piel, los ojos y afectar al organismo si se es inhalado o

ingiere³⁶. Se realizó la respectiva indagación e investigación de otros papeles y el único que cumplía con este propósito es el papel detector de pH, sin embargo se consideró un costo excesivo para la utilidad.

Alternativa 3: Luz Ultra violeta, se propuso usar una muestra sensible a la luz ultra violeta con el propósito de poder verificar las posibles salpicaduras de la muestra, sin embargo se encontraron dos inconvenientes, el primero esta dado porque en algunos laboratorios se usa la luz UV como método de desinfección, lo cual puede crear el esquema mental incorrecto en los estudiantes, por otro lado, para que la muestra pueda ser visible ante luz UV, el laboratorio debe estar sin luz, dificultando su posible identificación y visualización.

Muestra sensible a luz ultravioleta con el propósito de resaltar los puntos en los cuales por acción de fuerza mecánica se generen salpicaduras en el área de trabajo.

Alternativa 4: Sensor de temperatura y humedad integrado, se propuso ubicar un sensor que permita la toma de valores de temperatura y humedad del ambiente, sin embargo, al analizar esta alternativa, se concluyo que en el ambiente del laboratorio existe humedad en el ambiente, además, de que todos los elementos entran previa limpieza, lo cual aumenta la humedad dentro de la cabina.

Para finalizar el respectivo análisis, el profesor recomienda que la forma más económica, sencilla y viable para visualizar las salpicaduras en la superficie de trabajo, es usar una muestra con azul de metileno, el cual se usa comúnmente en los laboratorios, lo cual facilita su adquisición. Por tal motivo la alternativa elegida para solucionar este punto crítico es la dos, que corresponde a una muestra con Azul de Metileno.

³⁶ NIOSH. International Chemical Safety Cards. Atlanta: Centers for Disease Control And Prevention. 2014

Punto crítico: Orden de las operaciones del procedimiento.

Teniendo en cuenta que este punto crítico responde directamente a la percepción de los futuros usuarios, en relación a la percepción de comprensión de los estudiantes en relación a las propuestas visuales de del orden de las operaciones del procedimiento, la calificación de utilidad fue por un grupo de 60 estudiantes de quinto nivel de la Escuela e Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander. En la tabla 14, se puede observar que la en la relación peso relativo-calificación de utilidad, la alternativa seleccionada es la número dos, que corresponde a: "Diagrama de uso".

Tabla 14. Selección de alternativas para el punto crítico: Orden de las operaciones del procedimiento"

Objetivo	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2	
		C*	V**	C*	V++
Bajo Costo	1	5,6	5,6	7,2	7,2
Fácil mantenimiento	0,9	7,3	6,57	6,4	5,76
Fácil comprensión	0,75	3,5	2,625	9,6	7,2
Retroalimentación	0,75	6,4	4,8	8,5	6,375
Accesibilidad materia prima	0,6	7,4	4,44	7,3	4,38
Bajo gasto energético	0,45	5,6	2,52	5,3	2,385
Similitud al sistema real	0,3	3,2	0,96	7,8	2,34
Indicación del proceso	0,15	5,2	0,78	8,6	1,29
Valor general de utilidad		28,295		36,93	

*C: Hace referencia a la calificación de utilidad

**V: Hace referencia al valor de la alternativa, en relación peso x calificación

8.2. DISEÑO DE DETALLE

8.2.1 Diagrama de soluciones. Teniendo en cuenta la evaluación de alternativas de solución para los diferentes puntos críticos y la simulación de los componentes de una CSB, se establece el diagrama de soluciones (tabla 15) el cual complementa la evaluación de alternativas, dado que especifica el sistema que involucra para la unión de todos los datos para el diseño del modelo (figura 12). En este punto se generan dos sistemas que en su unión desarrollan la CDS; el sistema electrónico, da soporte a la solución de los puntos críticos del procedimiento y de esta forma, genera la retroalimentación de la CDS al usuario, el sistema estructural, da soporte al sistema electrónico y es el cuerpo de la CDS; el sistema electrónico deben de del sistema estructural.

Tabla 15. Relación de las soluciones de diseño

Categoría	Puntos a solucionar	Sistema electrónico	Sistema estructural
Puntos críticos	Introducción de los materiales a la cabina	X	
	Ubicación de los elementos dentro de la CSB	X	X
	Salpicaduras generadas por el operario durante el procedimiento	N/A	N/A
	Orden de las operaciones del procedimiento	X	
	Uso del doble guante	X	
Componentes de una CSB	Extracción/filtración		X
	Control	X	
	Cuerpo		X
	Accesorios	N/A	N/A

Dentro de los puntos a solucionar, se encuentra el punto crítico “Salpicaduras generadas por el operario durante el procedimiento” y el componente “Accesorios”, los cuales tienen una relación con los sistemas de N/A (no aplica) dado que no mantienen relación con los sistemas planteados.

8.2.2. Sistema de funcionamiento electrónico

Tecnología identificación por radiofrecuencia (RFID)

Posterior a la revolución industrial el desarrollo de sistemas de producción acelerada ha puesto a disposición del mercado de una gran oferta de productos, tanta variedad ha dado nacimiento a la necesidad de identificación y localización rápida y eficiente. La tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) ofrece una solución acorde a las necesidades de la época actual, donde sus capacidades de almacenar información (en algunos casos actualizable), su resistencia a factores medioambientales y la capacidad de ser detectada a una distancia considerable teniendo en cuenta que el módulo de identificación no requiere alimentación activa -es decir el obtiene su propia energía sin necesidad de una fuente como una batería- lo hacen muy atractivo en labores de tareas de control de ingresos e inventario de alta complejidad.³⁷

La tecnología RFID está compuesta (figura 19) en primera instancia de un conjunto de dispositivos encargados de transmitir una solicitud vía radiofrecuencia - en resumen, se trata de un computador y un módulo de transmisión que incluye una antena- la solicitud se transmite sin conocer si existe o no una posible respuesta. En segunda instancia existe un dispositivo pasivo -no requiere alimentación activa- conocido como Tag que contiene un microchip y una antena la cual recibe la información transmitida, extrae suficiente energía de la misma para activar el dispositivo y transmite una respuesta que se devuelve al dispositivo en primera instancia, la información transmitida puede ser tan variada como la memoria del

³⁷ O'Reilly. Theory in Practice. RFID Essentials , 278. 29 de January de 2006

dispositivo lo permita, básicamente se reduce a un identificador alfanumérico único y un mensaje que contenga metadatos importantes.³⁸

Figura 19. Componentes tecnología RFID

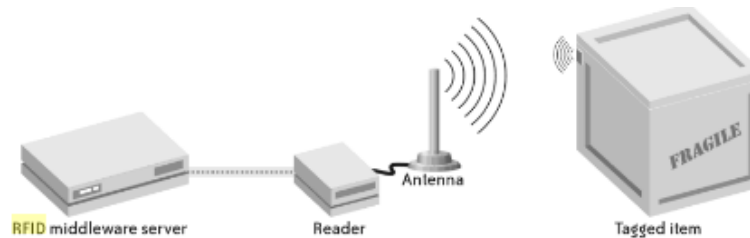


FIGURE 1-1 . An RFID system

Fuente: (MARKER MEDIA, 2012)

Una de las principales ventajas de RFID implica su flexibilidad, dependiendo de la selección del dispositivo podremos detectar elementos desde centímetros de distancia hasta cientos de metros³⁹, donde la dependencia de la distancia recae en el dispositivo que hace la solicitud, permitiendo que el Tag tenga un tamaño reducido, suficiente para ocultarse tras una etiqueta, dentro de una tarjeta o en una capsula.

RFID-NFC

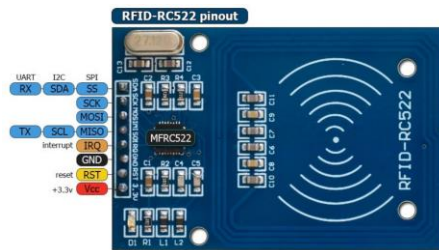
Los dispositivos de comunicación de rango cercano (NFC) son un grupo predominante dentro de la tecnología RFID, hacen referencia al protocolo y método de transmisión de la señal y profundizan en las capacidades de RFID dentro de un rango de 10 o menos metros. Todos los modos de NFC no son compatibles entre sí, dependiendo de la necesidad se pueden usar módulos cuyo

³⁸ MARKER MEDIA, I. Make: Projects. Getting Started With RFID: Identify Objects in the Physical World with Arduino , 44. 24 de March de 2012

³⁹ SKY RFID INC. RFID Tag Maximum Read Distance. 2015. Recuperado el 07 de Agosto de 2016, de Sky RFID Inc.: Disponible en: http://skyrfid.com/RFID_Tag_Read_Ranges.php

rango de frecuencia se encuentra en un margen óptimo para leer y escribir en los tags.

Figura 20. Módulo lector RFID-RC522 RF



Fuente: Features of RFID tags <http://www.centrenational-rfid.com/features-of-rfid-tags-article-19-gb-ruid-202.html>

El lector que se va a usar en este sistema, es el RFID-RC522 RF (figura 19), el cual se controla a través del protocolo SPI y el protocolo UART, por tal motivo es compatible con las computadoras de tarjeta única Raspberry Pi. Utiliza 3.3 V como voltaje de alimentación (tabla 16) y cuenta con 64 bloques de memoria (0—63) donde se almacena la lectura y/o escritura; en este caso, únicamente la lectura de entrada/salida de la CDS. Cada lector cuenta con un tag pasivo, los cuales al no necesitar almacenar información, no necesitan fuente de energía externa, por tal motivo, pueden ir ubicados en los elementos con el propósito de generar la identificación de entrada y salida de la CDS.

Tabla 16. Características del lector RFID-RC522 RF


Característica	Especificación
Modelo:	MF522-ED
Corriente de operación:	13-26mA a 3.3V
Corriente de stand by:	10-13mA a 3.3V
Corriente de sleep-mode:	<80uA
Corriente máxima:	30mA
Frecuencia de operación:	13.56Mhz
Distancia de lectura:	0 a 60mm
Protocolo de comunicación:	SPI
Velocidad de datos máxima:	10Mbit/s
Dimensiones:	40 x 60 mm
Temperatura de operación:	-20 a 80°C
Humedad de operación:	5%-95%
Máxima velocidad de SPI:	10Mbit/s

Fuente: Features of RFID tags. Disponible en: <http://www.centrenational-rfid.com/features-of-rfid-tags-article-19-gb-ruid-202.html>

Computadoras de tarjeta única.

Con la mejora exponencial de las capacidades de computo, la gestión de energía y los protocolos de comunicación entre dispositivos se ha abierto la posibilidad de producir computadores -CPU, RAM, fuente de poder, control de almacenamiento y periféricos- en una sola tarjeta de circuito impreso (PCB por sus siglas en inglés) que se presenta en un tamaño inferior al de un mazo de cartas.

Tabla 17. Características Raspberry Pi 3 modelo B

Raspberry Pi 3 modelo B	Característica	Raspberry Pi 3 modelo B
	Procesador	4 núcleos a 1.2 GHz
	RAM	1 GB
	Almacenamiento	USB o Micro SD
	Ethernet	Fast (10/100)
	Inalámbrico	Bluetooth, WIFI
	Video	HDMI/compuesto
	Audio	HDMI/audífonos
	Pines de control	40
	Precio	\$35

Fuente: raspberrypi.org

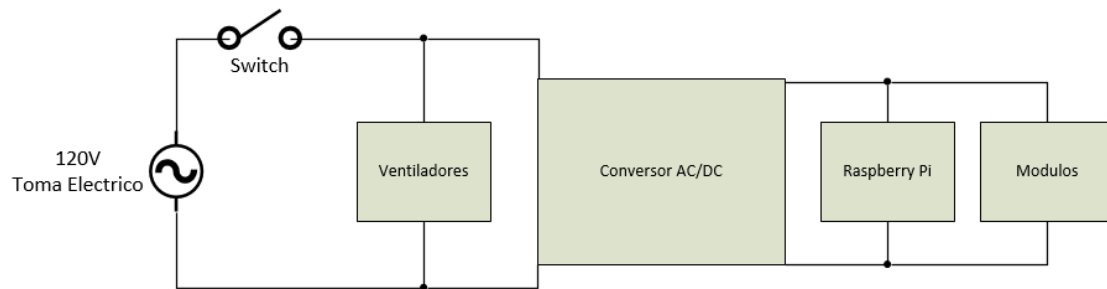
Además de esto los computadores de tarjeta única se distinguen por poder trabajar en versiones livianas de sistemas operativos populares tales como Windows 10, Linux (Ubuntu, NOOBS, Raspbian), entre otros, lo que nos permite controlar dispositivos complejos como monitores, pantallas táctiles, memorias USB o SD con la facilidad de un usuario de escritorio o automatizado todo con un desarrollo de software también así existe un control sobre los pines de control (GPIO, Pines de entrada y salida de propósito general) lo que nos permite conectarnos a dispositivos electrónica a bajo nivel como módulos RFID, pantallas táctiles, leds entre otros que pueden ser bien diseñados por el usuario de la herramienta.

Esquemas de conexión de alimentación

El diseño se conecta a una conexión común de pared de 120 voltios de corriente alterna según la normativa local, esta conexión se controla mediante un switch principal, la conexión alimenta los ventiladores y el conversor ac dc que alimenta

la raspberry pi y los modulos que pueden ser de iluminacion sensado de RFID o la pantalla tactil.

Figura 21. Esquema de conexión de alimentación



Indicadores del proceso

Definidos como los elementos del sistema electrónico que brindan la retroalimentación al usuario, se encuentran los leds RGB, el buzzer y la pantalla.

LEDs

Los LEDS son componentes electrónicos que permiten el paso de corriente en un solo sentido, y que al realizar dicho paso emiten luz. En este caso, se usaran LEDs RGB, con el propósito de emitir luz de color rojo, verde y azul, permitiendo generar retroalimentación al usuario al momento de ubicar los elementos en la CDS.

Figura 22. Características LEDs RGB

LEDs RGB



Características:

- Tensión de alimentación por color para corriente de 20mA :
- Rojo: 2V.
- Verde: 3.2V.
- Azul: 3.2V
- Tamaño: 5mm.
- Cantidad de pines:4
- Luminosidad a 20mA:
- Rojo: 800 mcd
- Verde: 4000 mcd
- Azul: 900 mcd

Fuente: Guía complementaria para el Manual Básico para trabajar con leds. Disponible en: <http://www.ledfacil.com.ar/LEDs%20RGB%20demo.pdf>

Buzzer

Buzzer o zumbador, es un emisor de sonido que puede ser continuo o intermitente. Es usado como mecanismo para señalar o dar aviso de algún suceso. En este caso, será utilizado para emitir sonido al usuario cuando se generen errores dentro del procedimiento.

Figura 23. Buzzer



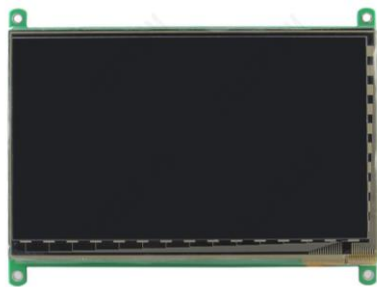
Fuente: Buzzer 3-24V. Disponible en: <http://www.geekbotelectronics.com/producto/buzzer-3-24v/>

Visualizador del protocolo oculto – Pantalla

La pantalla permite ser el medio de comunicación del protocolo oculto con el usuario, por medio de él se da solución al punto crítico “Orden de las operaciones del procedimiento”, visualizando el diagrama de uso de las operaciones que debe realizar el usuario.

Figura 24. Características pantalla táctil de 7 pulgadas

Pantalla Táctil 7 pulgadas de 800x480



Características

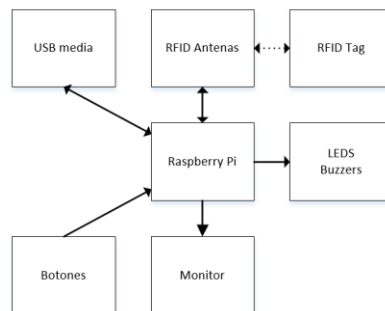
- Tipo De LCD: TFT HDMI
- LCD Interfaz: USB
- Tipo de Pantalla táctil: Capacitiva
- Controlador de Pantalla táctil: STM32-103
- Colores: 65536
- Luz de fondo: LED
- Resolución: 800*480 (Pixel)
- Relación de aspecto: 4:3
- Buzo SPI Velocidad: 16 Mhz

Fuente: Display LCD. Disponible en: http://es.aliexpress.com/store/product/7-inch-HDMI-Capacitive-Touch-screen-TFT-display-LCD-for-Raspberry-Pi-2-model-B_B/1048722_32419405082.

Esquema de comunicación entre dispositivos

En la figura 25 se puede observar el esquema de comunicación entre los dispositivos que forman parte del sistema electrónico, en el cual se puede observar que la fuente de poder es la computadora de tarjeta única Raspberry Pi, la cual permite controlar todos los componentes del dispositivo y a su vez programar el mismo teniendo en cuenta la filosofía de control.

Figura 25. Esquema de comunicación entre dispositivos



La mecánica de comunicación en el desarrollo se compone de la Raspberry pi como modulo central, conectada está a los módulos de interacción del usuario final, su función se puede ver en tabla 18.

Tabla 18. Mecánica de comunicación del sistema electrónico

Modulo	Función	Canal	Mediador con usuario
Monitor	Mostar información	Visual	Directo
	Recibir comandos	Contacto físico	
Botones	Recibir comandos	Contacto físico	Directo
USB media	Guardar Información	Datos, Cableado	Memorias SD USB
	leer información		
RFID antenas	Guardar Información	Datos, inalámbrico	RFID tag adherido a

Modulo	Función	Canal	Mediador con usuario
	leer información		elementos
	detectar presencia		
LED/Buzzers	Mostrar alertas o información	Visual/Auditivas	Directo

Software

El software en la plataforma Raspberry Pi, se encargará de la interacción con el usuario por los módulos mencionados anteriormente, esta programación se llevará a cabo de manera mixta en diferentes lenguajes de programación, como PYTHON, C++ y C, cumpliendo las tareas de mantener el flujo del proceso antes indicado, mostrar y recopilar información y finalmente guardar en un texto plano información y estadísticas del proceso en un formato de fácil análisis como CSV (comma separated values).

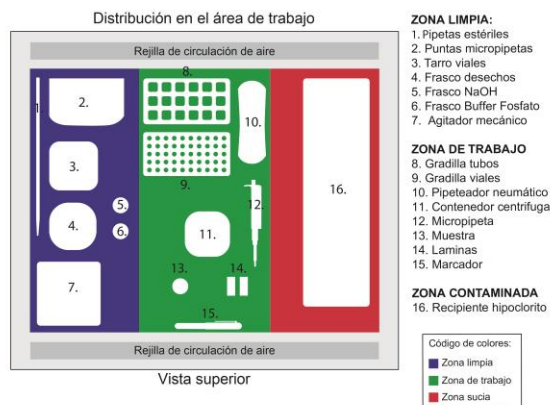
Filosofía de control

Al ser un equipo didáctico se requiere hacer un seguimiento del protocolo oculto desarrollado con base al estudio de los micromovimientos realizados por los tres puntos de referencia, el cual proporciona las tareas, operaciones y tiempos que debe durar el procedimiento dentro de la CDS (Anexo G), este proceso se realiza a través de un sistema de identificación con RFID, indicadores tipo LED y alarma Buzzer, además de una pantalla que mostrará el estado del proceso con sus respectivos resultados; todo esto con el fin de retroalimentar al estudiante en su proceso de entrenamiento.

En la figura 26 se muestran todos los implementos que se ingresaran en las dos etapas en la CDS, a cada uno de ellos se le adjudica una tarjeta lectora y un tag para su identificación, adicionalmente se dispone de una antena que se encargara junto con su tarjeta lectora de identificar el ingreso y salida de los guantes.

Teniendo en cuenta la necesidad de obtener un área de trabajo compilada, con la distribución total de los elementos, se modificó la ubicación de los elementos 5, 6, 13 y 14 sin que esto, afecte la introducción de los elementos a la cabina, con el propósito de poder generar ubicar las siluetas y sus respectivos LEDs, que generan la retroalimentación al usuario.

Figura 26. Distribución del área de trabajo compilada

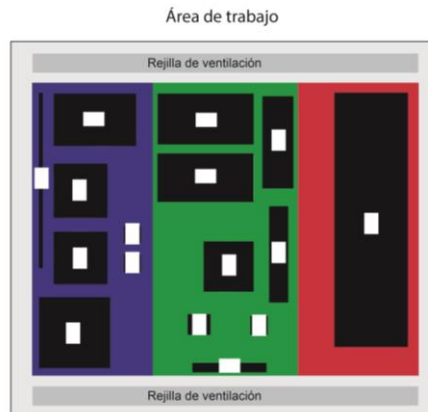


El sistema de identificación está conformado por:

- 19 Módulos lectores RFID-RC522 para controlar la ubicación de los elementos
- 1 antena
- 1 Raspberry Pi
- 1 pantalla TFT LCD touch de 7"
- 16 Leds RGB
- 1 buzzer
- 7 tags designados alrededor de la muñeca por guante
- 16 Tags identificadores de objetos, uno por ítem.

En la figura 27 se puede observar la ubicación de las tarjetas, las cuales corresponden a los elementos relacionados en la figura 26, del área de trabajo compilada.

Figura 27. Ubicación de las tarjetas lectoras en el área de trabajo



A continuación, se desglosarán las tarjetas juntos con sus leds respectivos que estarán encendidas y apagadas (**OFF**) en cada etapa con su número de identificación y el ítem correspondiente (tabla 20), cabe notar que la tarjeta y led del once estará activa todo el proceso, dado que corresponde al elemento "contenedor centrífuga" el cual está presente en las dos etapas del procedimiento y es el paso que finaliza la etapa 1.

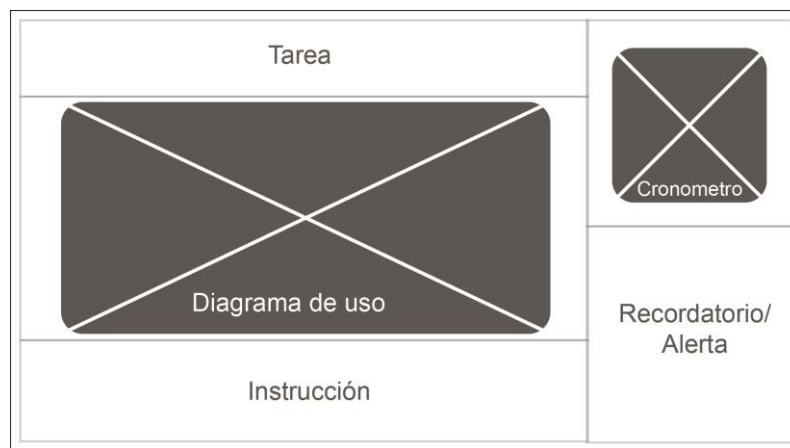
Tabla 19. Estado de las tarjetas lectoras en relación a la etapa del procedimiento

ETAPA 1		ETAPA 2	LED
1 Pipetas estériles		OFF	X
2 Puntas de micropipetas		2 Puntas de micropipetas	X
	OFF	3 Tarro de viales	X
	OFF	4 Frasco de desechos	X
5 Frasco NaOH		OFF	X
6 Frasco Buffer Fosfato		OFF	X
7 Agitador mecánico		7 Agitador mecánico	X
8 Gradilla de tubos		8 Gradilla de tubos	X
	OFF	9 Gradilla de Viales	X
10 Pipeteador neumático		OFF	X
11 Contenedor Centrifuga		11 Contenedor Centrifuga	X
12 Micropipeta		12 Micropipeta	X
13 Muestra		OFF	X
	OFF	14 Laminas	X
15 Marcador		15 Marcador	X
16 Recipiente Hipoclorito		16 Recipiente Hipoclorito	X
17 Tubos para centrifuga		17 Tubos para centrifuga	
18 Tubos con medio de cultivo		18 Tubos con medio de cultivo	
19 Guantes		19 Guantes	
	15	14	16

La etapa uno comienza al encender la CSB y estarán encendidas las tarjetas 1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16 como se mostró en la tabla, las tarjetas apagadas serán 3, 4, 9 y 14, estas se encontrarán en este estado porque en esa etapa no se requiere dichos implementos. El final de la etapa se da cuando se detecte que se ingresó el objeto 11 con su respectiva salida. La etapa dos, iniciará después de retirar los ítems 5,6,10 e introducir los elementos 3, 4, 9, 11, 14.

En todo el proceso de entrenamiento se contará con tiempos preestablecidos para cada paso del proceso, los cuales fueron obtenidos en el protocolo oculto del procedimiento, con el fin de generar un estimado del tiempo necesario para emplear las diferentes tareas, y así poder dar paso a la siguiente, estos se mostrarán con un timer en cuenta regresiva en la pantalla (figura 28). Teniendo en cuenta que al operario puede que no le alcance el tiempo, se cuenta durante todo el proceso con un botón externo de pausa/reanudar para que la persona pueda parar el proceso, durante el espacio de pausa sonará una melodía en el buzzer, cuando el operario lo considera puede volver a oprimir el botón pausa/reanudar, para continuar con el proceso donde lo dejó, pero se registrará el tiempo de ocurrencia, el paso en el que se detuvo y el tiempo que duro en la pausa.

Figura 28. Distribución de la información de la pantalla de visualización



Existen 4 tipos de mensajes que el usuario podrá visualizar en la pantalla (Anexo H), la tarea, la instrucción de la tarea, y el recordatorio o alerta que aparecen en el mismo recuadro, por ser información de retroalimentación (Anexo I). Estos mensajes están relacionados directamente con las tareas a desarrollar, determinadas en el protocolo oculto y relacionadas en la tabla de filosofía de control.

Además, se tiene un botón para iniciar el cronometro el cual el operario debe oprimir en el momento indicado por el protocolo oculto, cabe acotar que durante este lapso es el único momento donde queda deshabilitado el botón de pausar/reanudar, por ser tiempos cruciales para la actuación del decontaminante y la generación del precipitado, si se oprimiese en este momento se generaría error.

Cada vez que se genere un error se registra el tiempo en el que ocurrió, en que etapa y cuanto se demoró en corregirlo, adicionalmente sonará un buzzer con sonido estridente, si el error es de orden o colocación de objetos las tarjetas que se encuentren activas en cada etapa y que no tengan asignado correctamente un ítem, empezaran a titilar en rojo; todo este sistema de alarmas estará activo hasta que se corrija el error.

El sistema de control está definido por la suma del sistema de identificación, más los siguientes botones de control:

- Encendido/apagado de la CSB
- Inicio cronometro
- Pausa/reanudación del proceso

Después de la preparación del operario y la limpieza de la CDS, el usuario debe encender la cabina, dando así inicio al proceso de control.

Detalles del proceso:

- Si por algún motivo se considera que no alcanza el tiempo para terminar una tarea, en cualquier punto del entrenamiento se puede oprimir el botón de pausa/reanudar. Vale notar que para esto no se puede tener puesto el doble guante o generará error de procedimiento, de forma posterior y cuando se considere necesario, se puede reanudar con el proceso oprimiendo otra vez el botón pausa/reanudar.

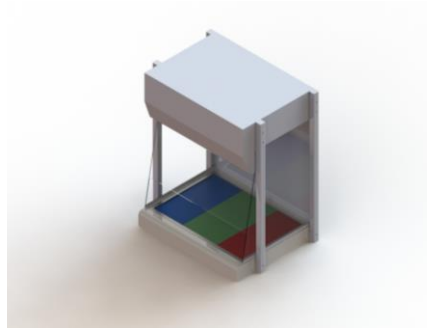
- Recuerde que en todo el proceso de entrenamiento se contará con tiempos preestablecidos para cada paso del proceso, estos se mostrarán con un timer en cuenta regresiva en la pantalla.
- Cuando requiera iniciar el cronometro contará con un botón, el cual debe oprimir en el momento indicado por el protocolo oculto, cabe acotar que durante este lapso es el único momento donde queda deshabilitado el botón de pausar/reanudar, por ser tiempos cruciales para la actuación del decontaminante y la generación del precipitado, si se oprimiese en este momento se generaría error.
- Cuando se introduzca cada elemento el lector tomara un tiempo de 3 segundos después de detectar la presencia del tag, esto para verificar que el objeto a sido dejado en esa posición, después de esto si es correcto el led indicador cambiara a verde, pero si los elementos no se ubican en el respectivo sitio o no se introducen en el orden adecuado sonará el buzzer, y los leds que se encuentren sin objetos correctamente adjudicados titilarán en rojo.

Como mecanismo para evaluar el desarrollo realizado por los estudiantes, el dispositivo genera un archivo plano, donde hace el conteo por tiempos y pausas realizadas, con el fin de analizar los puntos donde más dificultades se tuvieron y los tiempos de más necesitados para culminar el procedimiento.

- Se genera un registro de los errores con su respectivo tiempo de ocurrencia, en cual paso y cuánto tiempo.
- Se genera un registro de los tiempos de pausa y su respectivo registro de tiempo de ocurrencia, en cual paso se realizó y tiempo de permanencia.

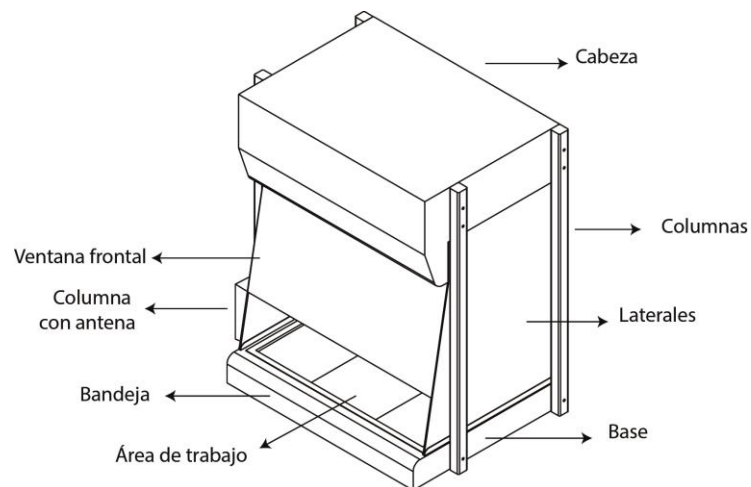
8.2.3. Sistema estructural. El sistema estructural contiene toda la estructura de la CDS (figura 29) en la cual por medio de sus componentes (figura 30) dan soporte al sistema electrónico para proveer un dispositivo seguro y de retroalimentación al usuario.

Figura 29. Representación visual de la CDS



Las uniones entre las piezas deben ser exactas para evitar la acumulación de agentes entre las mismas y están unidas por soldadura. Por otro lado, el sistema electrónico va ubicado en la base de la cabina y el cableado, están dispuestas las columnas de la CDS, dado que son huecas, permiten el paso sin inconvenientes.

Figura 30. Componentes del sistema estructural



Planos de los componentes del sistema estructural

El modelado de los componentes del sistema estructural y su respectivo ensamble, se desarrolló en el programa Solidworks, dado que al momento de

realizar los ensambles, las uniones deben ser exactas, de lo contrario comienza a generar errores, validando las correctas medidas propuestas (figuras 31, 32, 33 y 34). De igual forma se le asignaron materiales a los componentes del sistema en el programa, para tener en cuenta las dimensiones de espesor de las piezas.

Figura 31. Planos base y bandeja

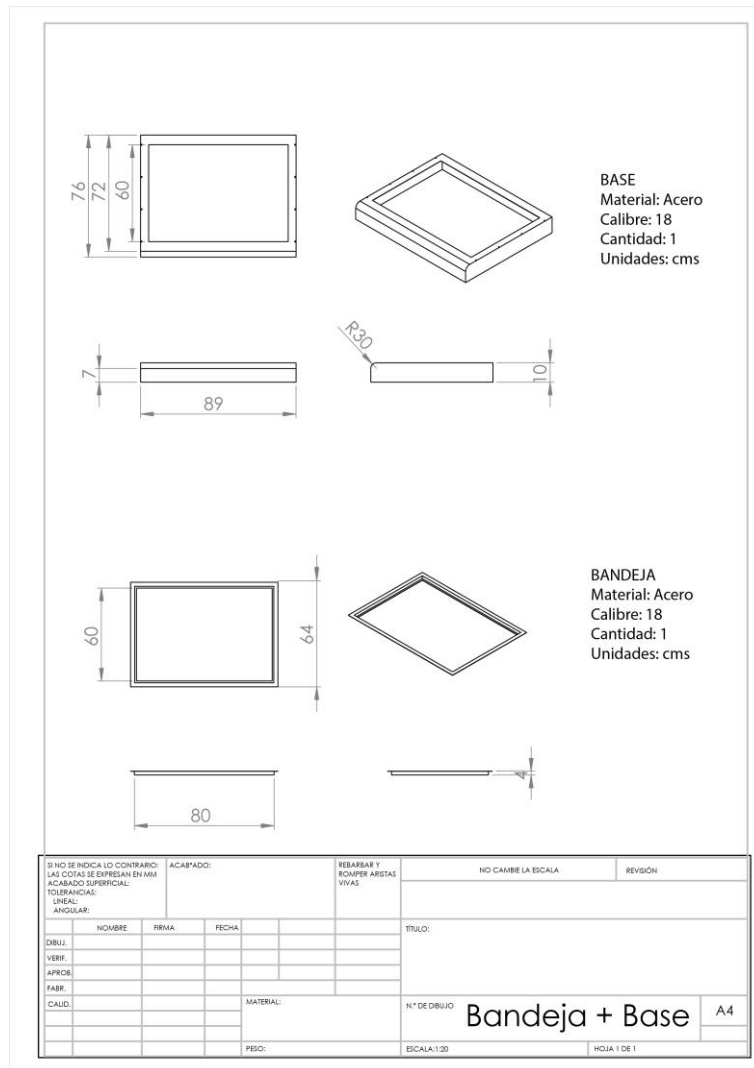


Figura 32. Planos frontal y cabeza

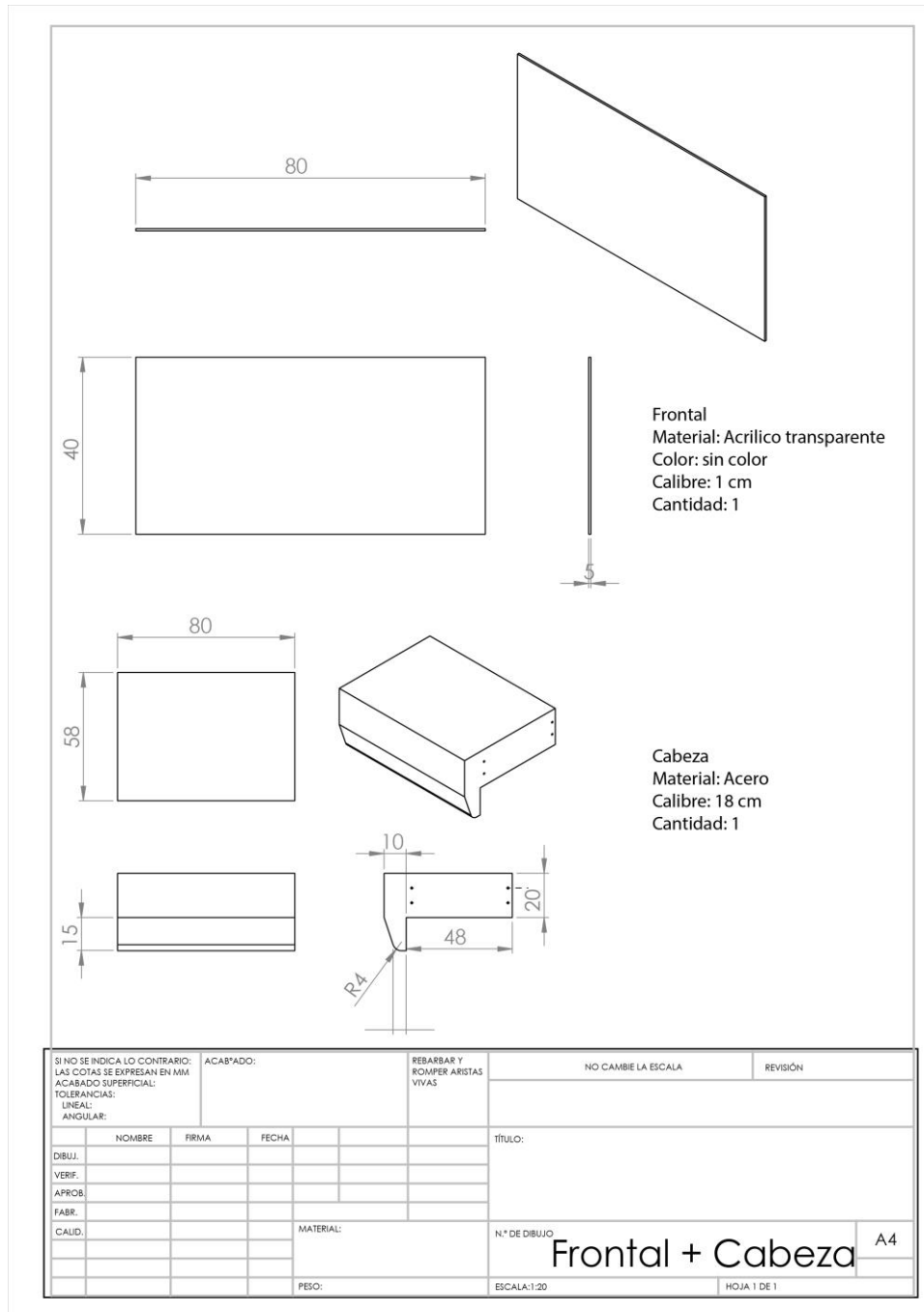


Figura 33. Planos columnas y paredes

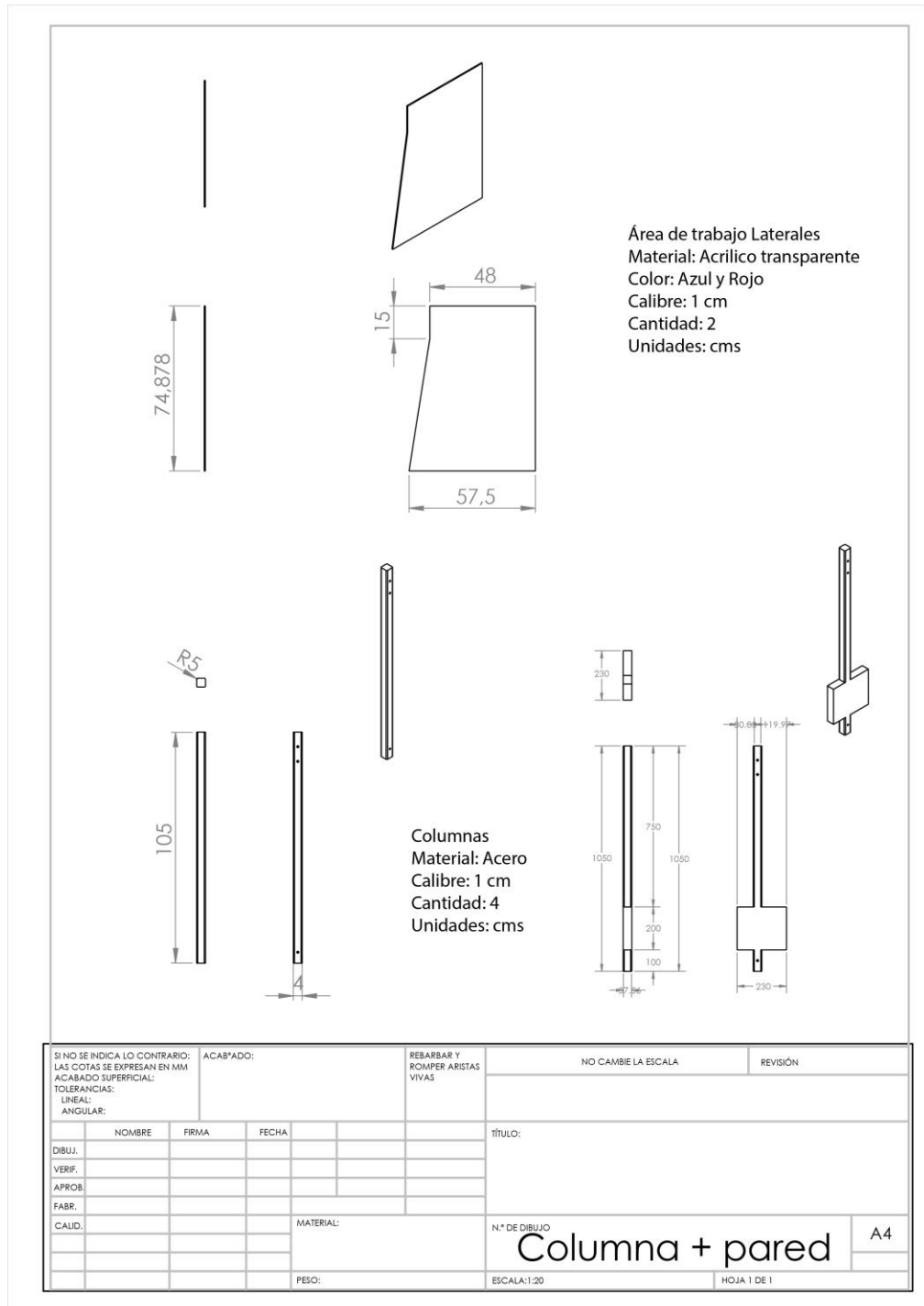
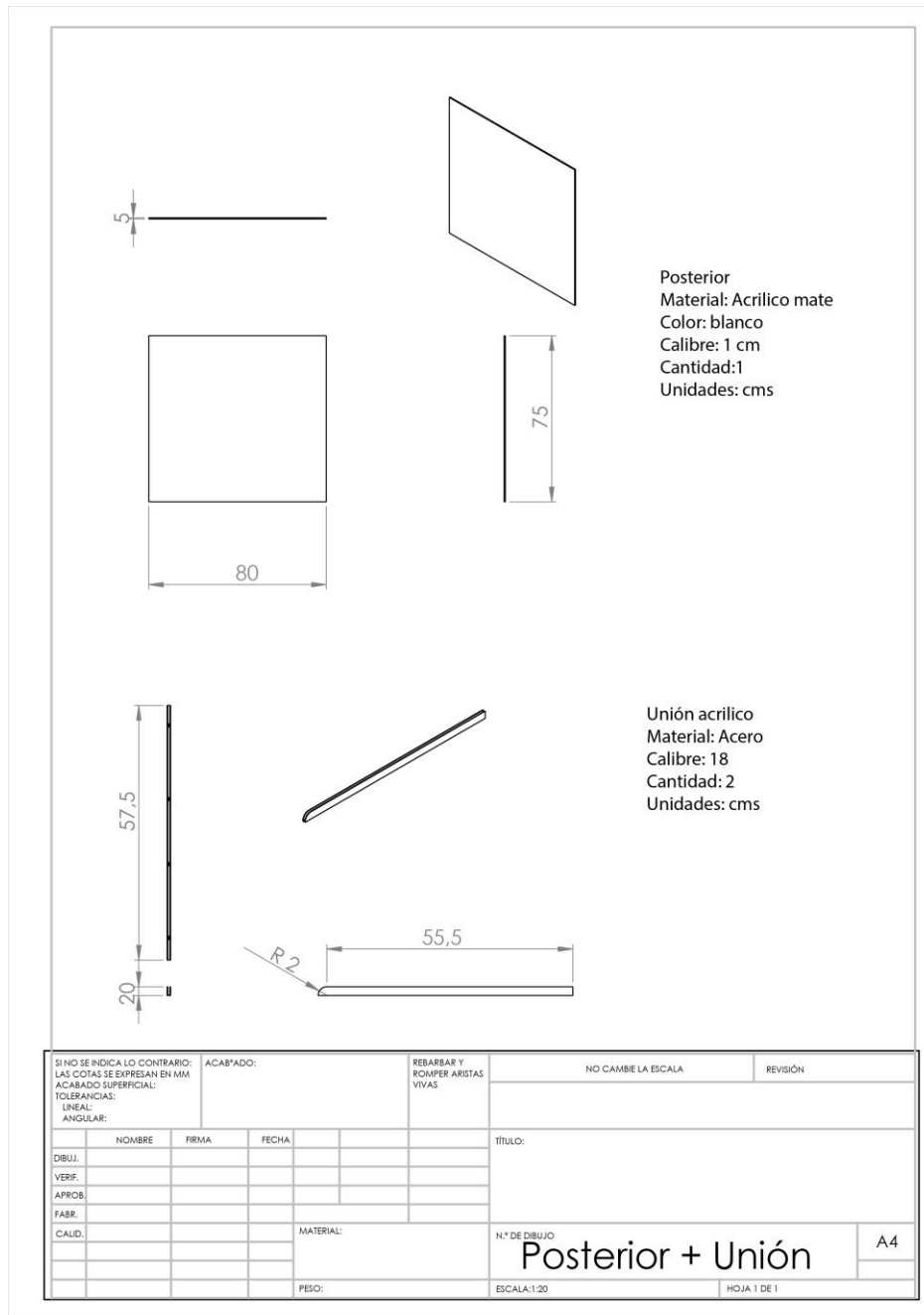


Figura 34. Planos cara posterior y uniones

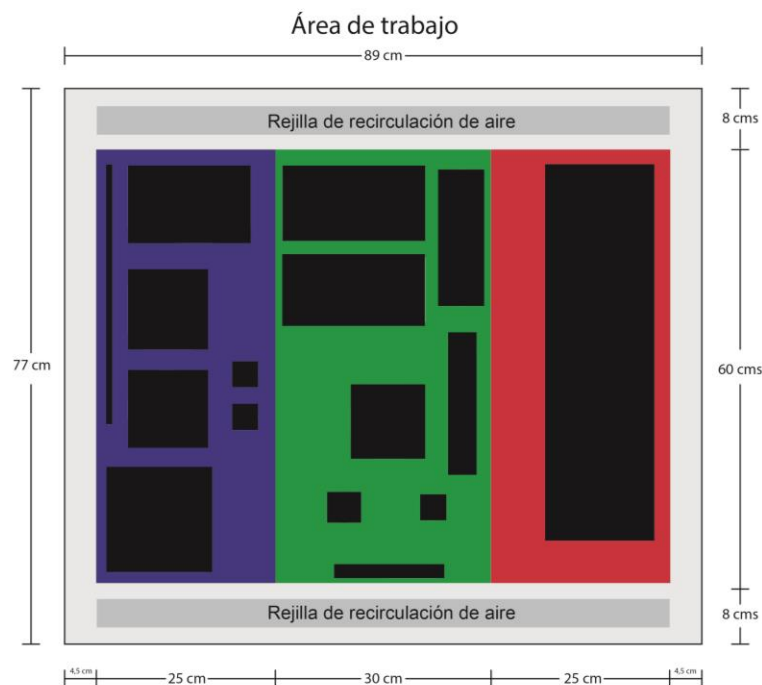


Área de trabajo

El área de trabajo (figura 29), es sin duda el espacio más importante de la CDS, y esto se da, porque ahí es donde se realizan todos los procedimientos inmersos en

el protocolo oculto, sus medidas son con base en una CSB real, establecidas en los requerimientos. A su vez, fue necesario intervenirla, con el propósito de dar solución a el punto crítico “Ubicación de los elementos dentro de una CSB”, para que la CDS, genere por sí sola, retroalimentación al usuario, en relación a la entrada/salida y correcta ubicación o no de los elementos dentro de la misma.

Figura 35. Plano general área de trabajo

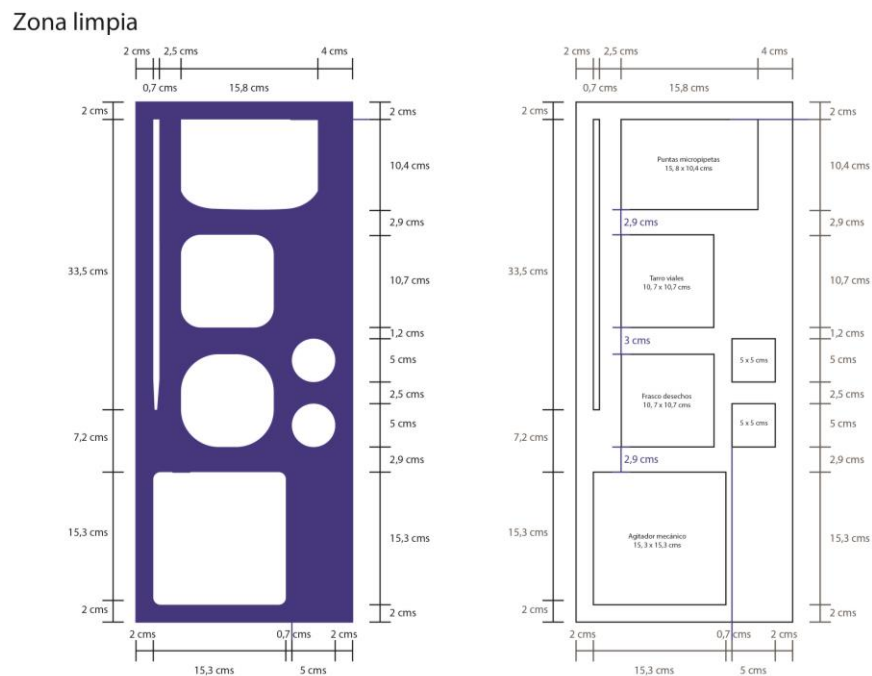


Planos área de trabajo por sus zonas

En las figuras 30, 31 y 32, se muestran los planos de cada zona del área de trabajo, para los cuales se tuvo en cuenta la dimensión real de los elementos en su vista superior (Anexo J) y para la distribución se tuvieron en cuenta percentiles antropométricos de la región nororiental Colombiana obtenidos del libro "Datos Antropométricos para el Diseño", lo cuales aportaron un los parámetros relacionados en los requerimientos, según la muestra de estudio (19 a 24 años).

Para la ubicación de los elementos 13 y 14 relacionados en la figura 26, los cuales se encuentran en el área activa de la cabina (área de mayor manipulación por parte del operario) se tuvieron en cuenta $\frac{1}{3}$ del ancho de codos y $\frac{1}{3}$ de la longitud del codo-dedo medio; para la ubicación de elemento 11 se tuvo en cuenta $\frac{1}{2}$ del alcance sobre el plano de trabajo, con la fórmula $1-(2+\text{holgura } 4 \text{ cms})$, dónde 1 es alcance de brazo frontal y 2 es profundidad de tórax.⁴⁰

Figura 36. Plano de la zona limpia del área de trabajo



⁴⁰ MARADEI GARCÍA, M. F., ESPINEL CORREAL, F. M., & PEÑA LEAL, A. A. Datos Antropométricos para el Diseño. Universidad Industrial de Santander, Región Nororiental Colombiana. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2008

Figura 37. Plano de la zona sucia del área de trabajo

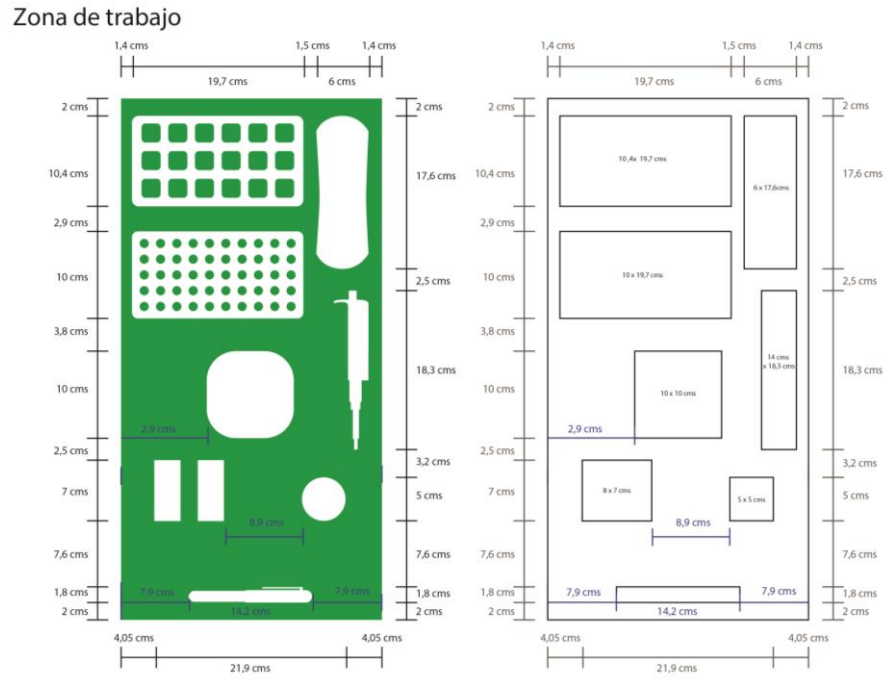
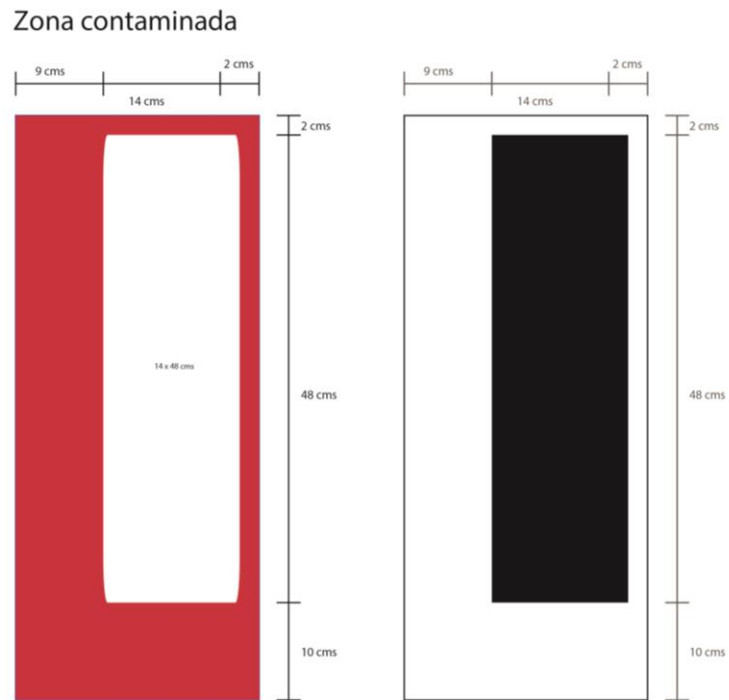


Figura 38. Plano de la zona contaminada del área de trabajo



Propuesta de materiales

Teniendo en cuenta que el propósito del proyecto es el acercamiento al sistema real lo más posible, los materiales elegidos, en algunos casos como el Acero 304, es el sado en las cabinas o en el caso del acrílico, simula el material real (figura.

Tabla 20. Propuesta de materiales

Componente	Material	Cantidad
Bandeja	Acero 304 calibre 18	1
Base	Acero 304 calibre 18	1
Columnas	Acero 304 calibre 18	4
Paredes laterales	Acrílico de 0,5 mm	2
Ventana frontal	Acrílico de 0,5 mm	1
Cabeza	Acero 304 calibre 18	1
Unión	Acero 304 calibre 18	2
Cara posterior	Acrílico de 0,5 mm	1
Área de trabajo	Lamina de acrilico de color azul, verde y roja (dependiendo de la zona de trabajo) de 0,5 mm, con superficie de acrilico transparente de 0,1 mm para unificar superficie. Corte de las siluetas en acrílico de 1 cms, en los colores establecidos para el área de trabajo.	1

8.2.4 Análisis de manufactura. Debido a que ha sido necesario comenzar con el desarrollo del dispositivo desde cero, la inversión inicial para ejecución va a ser elevada en comparación a las siguientes producciones.

Esta se traduce para la empresa en comenzar a manejar no solo patentes electrónicas y diseño de cajas sino implementar una nueva línea propia con diferenciación en el mercado.

Tabla 21. Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación

Ítem	RUBRO	UIS		OTRA(S) INSTITUCIÓN(ES)		TOTAL
		Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	
1	APOYO TÉCNICO		\$ 450.000,00			\$ 450.000
2	PRESUPUESTO ELECTRÓNICO		\$ 795.000			\$ 795.000
3	PRESUPUESTO ESTRUCTURAL		\$ 2.500.000			\$ 2.500.000
4	PAPELERÍA		\$ 100.000			\$ 100.000
	SUBTOTAL		\$3.845.000			\$ 3.845.000
5	MARGEN DE ERROR (20%)		\$576.750,00			\$ 576.750
	TOTAL	\$ 0	\$4.421.750	0	\$ 0	\$ 4.421.750

UIS	Especie	\$ 0,00	\$ 4.421.750,00
	Efectivo	\$ 4.421.750,00	
OTRA(S) INSTITUCIÓN(ES)	Especie	0	\$ 0,00
	Efectivo	\$ 0,00	
VALOR TOTAL DEL PROYECTO			\$ 4.421.750,00

Ítem 1. Apoyo técnico								
Nombre	Rol	Descripción de la función	Entidad financiadora	Tiempo dedicación H/semana	Meses de vinculación	Hora (\$)	Valor mes (\$)	Monto total (\$)
Profesional en Ingeniería Electrónica	Ingeniero de electrónico	Personal apoyo	UIS	10	1	\$ 11.250	\$ 450.000	\$ 450.000
							TOTAL	\$ 450.000

Ítem 2. Presupuesto electrónico									
No.	Material	Cantidad	JUSTIFICACIÓN	COSTO	RECURSOS				TOTAL
					UIS		OTRAS INSTITUCIONES		
					Especie	Festivo	Especie	Efectivo	
1	Lector RFID	1	C/E	87 USD		x			
2	Tags RFID	16	C/E	20 USD		x			
3	Ventiladores	2	C/E	\$ 80.000		x			
4	leds	100	C/E	\$ 10.000		x			
5	Microcontrolador	1	C/E	12 USD		x			
6	Pantalla	1	C/E	\$ 13.000		x			
7	Luz uv	1	C/E	\$ 35.000		x			
8	Socket 120 Volts	1	C/E	\$ 5.000		x			
9	PCB	1	C/E	\$ 120.000		x			
10	Caja en aluminio	1	C/E	15 USD		x			
11	Fuente de poder	1	C/E	\$ 40.000		x			
12	Componentes adicionales		C/E	\$ 90.000		x			
					\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 795.000

Ítem 3. Presupuesto estructural							
No.	Materiales	JUSTIFICACIÓN	RECURSOS				TOTAL
			UIS		OTRA(S) INSTITUCIÓN(ES)		
			Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	
1	Acrílico	Estructura cabina de simulación	1000000	x			1000000
2	Acero 304	Estructura cabina de simulación	950000	x			\$ 950.000
3	Impresión vinilo	Componente semiótico	100000	x			\$ 50.000
4	Mano de obra	Estructura cabina de simulación	500000	x			\$ 500.000
Cumple		TOTALES	\$ 2.550.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 2.500.000

Ítem 4. Papelería								
No.	ÍTEM	JUSTIFICACIÓN	RECURSOS				TOTAL	
			FINANCIACIÓN	UIS		OTRA(S) INSTITUCIÓN(ES)		
				VIE	Especie	Efectivo		Especie
2	Papelería	Entrega de documentos			\$ 100.000		\$ 100.000,00	
TOTALES				\$ -	\$ 100.000	\$ -	\$ 0	
				\$ -	\$ 100.000	\$ -	\$ 0	

8.2.5. Mercadeo. Con el propósito de generar una identidad de la cabina en los usuarios, se desarrolló una imagen propia para el dispositivo denominado “CDS” (Cabina Didáctica de Simulación).

Identidad

La identidad del dispositivo se desarrolló a partir de las siglas CDS (figura 39), con el fin de al replicar el dispositivo, poder generar la identidad del mismo para una posible comercialización y venta de servicios. La tipografía seleccionada para las diferentes aplicaciones, es Arial Bold y Arial regular, puesto que se asemeja a la tipografía usada en este tipo de elementos al ser de fácil lectura (ver Anexo I).

Figura 39. Identidad del dispositivo



Manual de usuario

Por ser la primera vez que se desarrolla un dispositivo de este tipo, se hace necesario generar un manual de usuario, con el fin dar a conocer las especificaciones del dispositivo y la información referente al uso del mismo. Por consiguiente el manual de usuario debe contener la siguiente información:

- Derechos de autor
- Introducción: incluye una corta descripción del dispositivo y su finalidad.
- Requisitos previos (usuario/técnicos): Usuario: hace referencia a los conocimientos que debe tener el usuario para el manejo del procedimiento. Técnicos: Hace referencia a los requisitos técnicos para el funcionamiento del equipo
- Instalación y configuración
- Funcionamiento: Guía del modo de uso del dispositivo
- Una sección de solución de problemas que detalla los posibles errores o problemas que pueden surgir, junto con la forma de solucionarlos.
- Contacto: Información de la empresa de fabricación del dispositivo.

9. CONCLUSIONES

Con base en el análisis de los micromovimientos (Ver páginas 28 a 32) se logro proponer los patrones de movimiento para el desarrollo del procedimiento, los cuales fueron usados para el planteamiento del protocolo oculto (ver tabla 7), el cual es uno de los desarrollos más importantes del presente estudio, dado que contiene las pautas que no se encuentran en la literatura, para desarrollar el procedimiento, las cuales se proponen transmitir a los estudiantes, con el fin de generar esquemas mentales de uso correctos.

Al establecer los patrones correctos de movimientos, se contribuye con la disminución de micromovimientos ineficientes e innecesarios (ver página 32) y de esta forma, transmitir a los estudiantes un procedimiento más corto y con movimientos efectivos.

El proyecto cuenta con la intervención en su área de trabajo (ver figura 10) de forma significativa, y esto se generó dado que es el espacio donde se desarrolla la manipulación de microorganismos patógenos y donde se presenta el riesgo de contaminación, por tal motivo, la propuesta de introducción de los elementos en un orden y con una ubicación establecida, contribuye a disminuir las posibilidades de contaminación y disminución de tiempos, dado que con una correcta ubicación de los elementos, existen menor probabilidades de interferencia de los mismos con las diferentes operaciones durante el desarrollo del procedimiento.

En el desarrollo del protocolo oculto, se establecieron tiempos para el desarrollo de las operaciones, lo cual se aplicó en el uso del dispositivo (ver páginas 72 a la 77) con el fin de indicarle al estudiante la tarea con sus respectivas operaciones a realizar, pero a su vez, los tiempos aproximados de duración, para tener un parámetro cuantitativo de medida, el cual, además de contar con el

acompañamiento del profesor para las calificación y recomendaciones, se cuenta con un reporte específico de los tiempos cumplidos a satisfacción y las demoras generadas con su respectiva actividad, con el propósito de obtener una retroalimentación final para el estudiante, de los puntos del procedimiento que debe revisar, dado que se evidencian fallas durante su ejecución.

En conclusión se logró desarrollar una propuesta cuantitativa y ejecutable, ya que cuenta con el planteamiento completo en el diseño de detalle (ver páginas 64 a 105) con los respectivos soportes de cada propuesta, con el fin de contribuir en el proceso de capacitación de los estudiantes de la escuela de Microbiología y Bioanálisis de la Universidad Industrial de Santander, con un protocolo del procedimiento claro.

Como estudio futuro, se propone la construcción del dispositivo, tomando como base los resultados del presente estudio, evidenciados en el diseño de detalle, para contribuir de forma real con el problema detectado en la Escuela de Microbiología y Bioanálisis de aprender a usar una Cabina de Seguridad Biológica por parte de los estudiantes, y así contribuir con el desarrollo de futuros profesionales con mayores capacidades y habilidades.

BIBLIOGRAFÍA

BERGEL VIDAL, E., GAMBINI LÓPEZ, I., & VELÁZQUEZ PINO, C. 2000.

CAMINERO LUNA, J. A. Guía de la Tuberculosis para médicos especialistas. París, Francia: Unión Internacional contra la Tuberculosis y Enfermedades Respiratorias. 2003

CASTRO DÍAZ, J. A. Conductas básicas en bioseguridad, manejo integral básico para el equipo de salud. Bogotá, Colombia: Ministerio de Salud. 1997

CONICYT, FONDECYT. Manual de Normas de Bioseguridad. 2da ed. Chile: Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 2008

CRAWFORD, C. "Subjectivity and Simulation". Serious Games: Improving Public Policy through Game-based Learning and Simulation. Washington, D.C.: Woodrow Wilson International Center for Scholars. 2003

GÓMEZ, L. M. Entrenamiento basado en la simulación, una herramienta de enseñanza y aprendizaje (Vol. 32). Bogotá, Colombia: Revista Colombiana de Anestesiología. 2004

KAUFMAN, D. ABC of learning and teaching in medicine: Applying educational theory in practice (Vol. 326). Burnaby, British Columbia, Canada: BJM. 2003

LÓPEZ LÓPEZ, R. Manejo y transporte de muestras en microbiología. Offarms:Farmacia y Sociedad , 122-126. 2001

MARADEI GARCÍA, M. F., ESPINEL CORREAL, F. M., & PEÑA LEAL, A. A. Datos Antropométricos para el Diseño. Universidad Industrial de Santander, Región Nororiental Colombiana. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2008

MARKER MEDIA, I. Make: Projects. Getting Started With RFID: Identify Objects in the Physical World with Arduino , 44. 24 de March de 2012

MINSALUD. Conductas básicas en bioseguridad: Manejo integral. Protocolo Básico para el Equipo de Salud. República de Colombia. 1997

MRA Esfandiari, E. D. Simulación y análisis de Modelos Estocásticos. México DF: McGraw-Hill Interamericana. 1996

NIEBEL, B. W., & FREIVALDS, A. Métodos, estándares y Diseño del trabajo. México: Alfaomega. 2004

NIOSH. International Chemical Safety Cards. Atlanta: Centers for Disease Control And Prevention. 2014

OMS. Manual de bioseguridad en el laboratorio de tuberculosis. Ginebra, Suiza: Organización mundial de la salud. 2013

OMS. Manual de Bioseguridad en el laboratorio, 3ra ed. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. 2005

OPS. Manual para el Diagnóstico Bacteriológico de la Tuberculosis, Parte 1: Baciloscopia. Washington: Organización Panamericana de la Salud. 2008

OPS. Manual para el Diagnóstico Bacteriológico de la Tuberculosis, Parte 2: Cultivo. Washington: Organización Panamericana de la Salud. 2008

O'Reilly. Theory in Practice. RFID Essentials , 278. 29 de January de 2006

PASTRANA MORENO, M. ¿Qué es la simulación? 2011. Disponible en:
<http://pastranamoreno.files.wordpress.com/2011/03/unidad-i-tema-1-simulacion.pdf>

RIBÓN GÓMEZ, W. InTech. (D. P.-J. Cardona, Ed.) Conductas Básicas en Bioseguridad: Manejo integral. 2012. Disponible en:
http://www.minsalud.gov.co/salud/Documents/observatorio_vih/documentos/preveccion/promocion_prevencion/riesgo_biol%C3%B3gico-bioseguridad/b_bioseguridad/BIOSEGURIDAD.pdf

SALAS PEREA, R. S., & ARDANZA ZULUETA, P. La simulación como método de enseñanza y aprendizaje. Revista Cubana en Educación Médica Superior , 9, 3-4. 1995

SÁNCHEZ, J. Material de simulación. s.f. Disponible en:
http://www.material_simulacion.ucv.cl/en%20PDF/Introducci%F3n%20a%20la%20simulacion.pdf


SHANNON, R. Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implementación. México: Trillas. 1998

SKY RFID INC. RFID Tag Maximum Read Distance. 2015. Recuperado el 07 de Agosto de 2016, de Sky RFID Inc.: Disponible en:
http://skyrfid.com/RFID_Tag_Read_Ranges.php

TARIFA, E. E. Teoría de Modelos y Simulación. Argentina: Universidad Nacional de Jujuy. 2001

ANEXOS

ANEXO A. Acuerdo de confidencialidad

	ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD CON ESTUDIANTES	Código: PN-41 Versión: 04 Página: 1 de 2
---	--	--

Acuerdo de confidencialidad No. 2014-001

Yo, SILVIA NATHALIA MANTILLA NIÑO identificado con cedula de ciudadanía No. 1.098.712.190, expedida en Bucaramanga y código de estudiante UIS No. 2090515 en mi condición de estudiante de la Universidad Industrial de Santander, me comprometo expresamente con ésta a:

1. Reconocer que todas las invenciones o innovaciones tecnológicas de procesos, productos e información resultantes de mi actividad o con mi intervención con ocasión de la labor en la que participe para la **Escuela de Bacteriología y Laboratorio Clínico** son de propiedad de la Universidad Industrial de Santander, sin perjuicio de los derechos morales que me corresponden como autor o coautor.
2. No divulgar, ni difundir, ni usar, por ningún medio, sin consentimiento escrito de la Universidad Industrial de Santander, la información que conozca o haya conocido desde mi vinculación con el **Proyecto Cámara Didáctica Cerrada para la manipulación de microorganismos patógenos- diseño y construcción**, desarrolle o resulte de los trabajos que me sean encomendados y que puedan constituir materia de patente, secreto comercial (know-how), modelo de utilidad, diseño industrial o derechos de autor.
3. No adquirir o aprovecharme en beneficios mio o ajeno de las invenciones, informaciones e innovaciones tecnológicas efectuadas por mi, con mi intervención o que conozca durante la vigencia de mi participación o posterior a ella, de propiedad de la Universidad Industrial de Santander.

En consecuencia, manifiesto expresamente conocer la responsabilidad tanto civil y/o penal que se genere por cualquier violación o alguno de los compromisos que adquiero mediante este acuerdo con la Universidad Industrial de Santander, consagrada en:

1. La Ley 23 de 1982 y Decisión 351 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos.
2. Ley 190 de 1995 o Estatuto Anticorrupción, por incurrir en el delito de Utilización Indebida de Información Privilegiada.

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

investim@uis.edu.co TEL: +57 300 810 2100

	ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD CON ESTUDIANTES	Código: FIN-41
		Versión: 04
		Página: 2 de 2

3. Ley 256 de 1996, por incurrir en Actos de Competencia Desleal como la divulgación o explotación, sin autorización de su titular de secretos industriales o cualquier otra clase de secretos empresariales.

En señal de aceptación suscribo el presente documento, en Bucaramanga a los 21 días del mes de febrero de 2014

Firma: Silvia Patricia Muñoz Ruiz

Nombre: Silvia Patricia Muñoz Ruiz

Cedula de ciudadanía: 109274140 Roz

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

vicereci@uca.edu.co | www.uca.edu.co | www.vicereci.uca.edu.co
 Calle 14 # 100-00 Bucaramanga, Colombia
 Teléfono: +57 (300) 410 1000 ext. 2000

ANEXO B. Diagrama de procesos Bimanual

Practica:				Laboratorio de Micobacterias UIS					
Operación:				Resumen			Mano izquierda		Mano Derecha
Nombre y número del operario:				Tiempo efectivo					
Analista: Silvia Nathalia Mantilla N.				Fecha:	Tiempo no efectivo				
Método: Presente				Tiempo de ciclo:					
Bosquejo:									
Mano Izquierda					Mano Derecha				
Descripción		Tiempo			Tiempo			Descripción	
Therblig	Objeto	T_O	T_F	T_T (sg)	T_T (sg)	T_F	T_O	Objeto	Therblig

ANEXO C. Cuestionario modelo KANO



Soy estudiante de Diseño Industrial y me encuentro desarrollando mi proyecto de grado titulado



“Cámara didáctica cerrada para la simulación del sistema de manipulación de microorganismos patógenos. Diseño y construcción”

Nombre: _____ Ocupación: _____

De antemano agradezco su colaboración con el desarrollo de este cuestionario basado en el Modelo KANO

Favor en cada pregunta seleccionar únicamente 1 adjetivo el cual le pueda generar mayor grado de satisfacción.

1. Pintura impermeable que resista la acción de decontaminantes

Pregunta Funcional	Si la CSB está recubierta con pintura impermeable que resista la acción de decontaminantes, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si la CSB no está recubierta con pintura impermeable, es decir que no resista la acción de decontaminantes, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

2. Textura lisa

Pregunta Funcional	Si la CSB tiene textura lisa, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	

2. Textura lisa

		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si la CSB no tiene textura lisa, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

3. Paredes laterales internas de vidrio transparente

Pregunta Funcional	Si la CSB tiene paredes laterales de vidrio transparente que permiten el paso de la luz sin deslumbrar y dan una sensación de un espacio más abierto y natural, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si la CSB no tiene paredes laterales de vidrio transparente, es decir que no permite el paso de la luz, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

4. Flujo laminar vertical de aire

Pregunta Funcional	Si la CSB consta de flujo laminar de aire vertical, donde circula de forma ordenada, estratificada y suave, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si la CSB no consta de flujo laminar de aire vertical, es decir que no se mueve en la misma dirección ordenada, estratificada y suave, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

5. Barrera de presión negativa para protección del usuario

Pregunta Funcional	Si la CSB tiene una barrera de presión negativa que dirige el flujo del aire de afuera hacia adentro protegiendo al operario, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si la CSB no tiene una barrera de presión negativa que dirija el flujo del aire de afuera hacia adentro protegiendo al operario, es decir que evite que los microorganismos se escapen al exterior, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	

6. Dos filtros HEPA para protección del medio ambiente

Pregunta Funcional	Si la CSB tiene de dos filtros HEPA, los cuales filtran el 99,99% del aire protegiendo al medio ambiente, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si la CSB no tiene de dos filtros HEPA, los cuales filtran el 99,99% del aire, es decir que protegen al medio ambiente, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	

7. Recirculación del 70% del aire

Pregunta Funcional	Si en la CSB el aire que recircula es de un 70% del volumen del aire circulante, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si en la CSB el aire que recircula no es de un 70%, es decir que aproximadamente el 30% del volumen del aire que circula es extraído de la cabina y el 70% restante es recirculado hacia la	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral	

7. Recirculación del 70% del aire

	zona de trabajo, ¿cómo se sentiría?	4. Soportable	
		5. Desagradable	

8. Distribución del área de trabajo

Pregunta Funcional	Si en la CSB el área de trabajo está distribuida en zonas limpia, de trabajo y sucia, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si en la CSB el área de trabajo no está distribuida en zona limpia, de trabajo y sucia, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

9. Uso de papel kraft dentro de la cabina

Pregunta Funcional	Si el área de trabajo de la CSB está cubierta con papel kraft para proteger la bandeja removible, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si el área de trabajo de la CSB no está cubierta con papel kraft, es decir que proteja la bandeja removible, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

10. Sistema de extracción

Pregunta Funcional	Si la CSB tiene un sistema de extracción del aire, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	

10. Sistema de extracción

		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si la CSB no consta de un sistema de extracción del aire, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	

11. Bandeja de trabajo removible

Pregunta Funcional	Si la CSB tiene una bandeja de trabajo removible, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si la CSB no tiene una bandeja de trabajo removible, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	

12. Ventana frontal en vidrio abatible

Pregunta Funcional	Si la CSB tiene una ventana frontal en vidrio abatible, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si la CSB no tiene una ventana frontal en vidrio abatible, es decir con inclinación de 9°, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable 2. Debería 3. Neutral 4. Soportable 5. Desagradable	

13. Tiempo prolongado de la muestra abierta

Pregunta Funcional	Si durante el procedimiento la muestra permanece un tiempo reducido destapada, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si durante el procedimiento la muestra permanece un tiempo prolongado destapada, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

14. Derrame de la muestra

Pregunta Funcional	Si durante el procedimiento se disminuyen los riesgos para que la muestra se derrame, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si durante el procedimiento no se disminuyen los riesgos para que la muestra se derrame, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

15. Salpicaduras

Pregunta Funcional	Si durante el procedimiento se disminuyeran las posibilidades de salpicaduras de la muestra, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si durante el procedimiento no se disminuyeran las posibilidades de salpicaduras de la muestra, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	

15. Salpicaduras

		4. Soportable	
		5. Desagradable	

16. Constante entrada/salida de las manos de la CSB

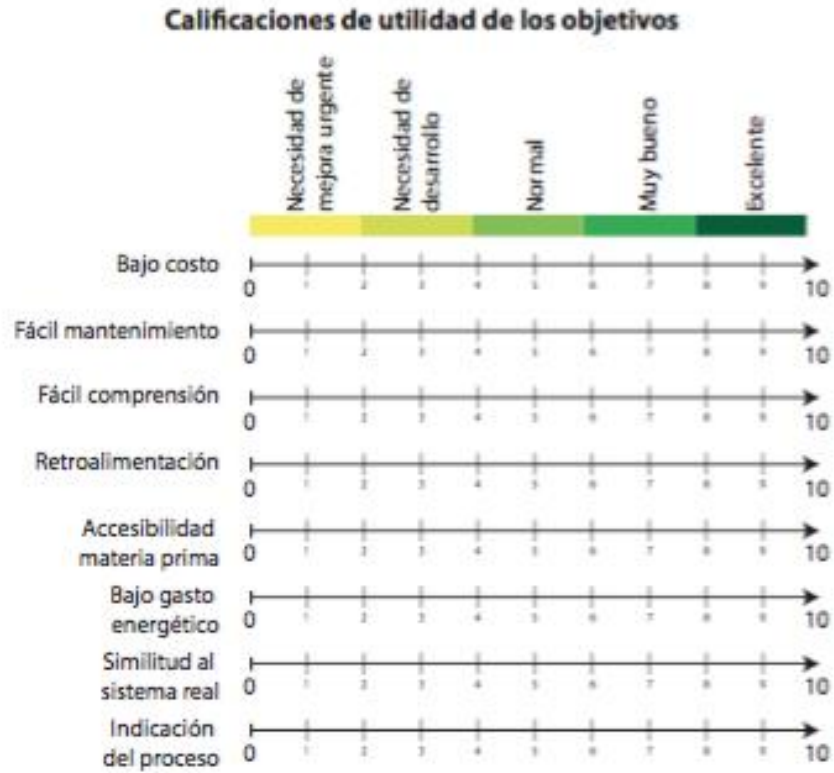
Pregunta Funcional	Si durante el procedimiento el operario tuviese la necesidad de introducir y retirar contantemente sus manos de la CSB, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si durante el procedimiento el operario no tuviese la necesidad de introducir y retirar contantemente sus manos de la CSB, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

17. Entrada/salida de objetos de la CSB sin respectiva limpieza

Pregunta Funcional	Si durante el procedimiento se limpian los objetos cada vez que van a entrar y/o salir de la CSB, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	
Pregunta no funcional	Si durante el procedimiento no se limpian los objetos cada vez que van a entrar y/o salir de la CSB, ¿cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. Neutral	
		4. Soportable	
		5. Desagradable	

ANEXO D. Formato calificación alternativas ingeniero electrónico

En la siguiente figura pondere los objetivos relacionados anteriormente con las calificaciones de utilidad mostradas, en un rango de 0 a 10; siendo 0 la calificación más baja y 10 la más alta.

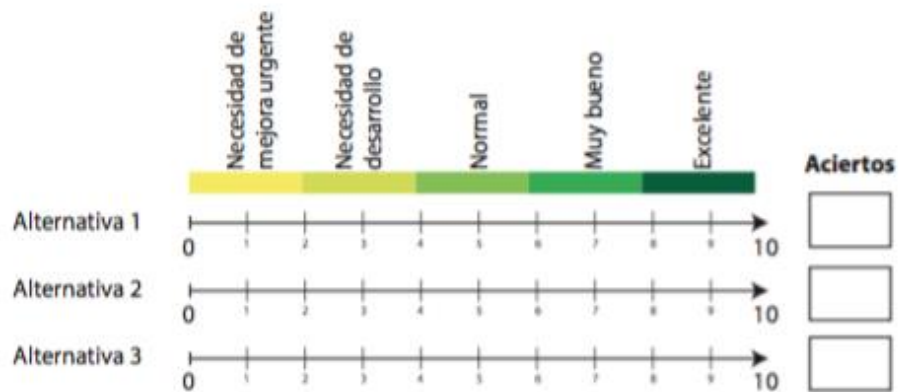


ANEXO E. Formato 1 calificación alternativas estudiantes

- **Ubicación de los elementos dentro de la CSB en relación a la zona de trabajo**

Existen tres zonas de trabajo dentro de una CSB, zona sucia, zona de trabajo y zona limpia, las cuales referencian directamente el tipo de materiales y elementos que deben ir en cada una, esto con el propósito de minimizar la posible contaminación, derrames y darle facilidad al operario de desarrollar el procedimiento

En la siguiente figura pondere los objetivos relacionados anteriormente con las calificaciones de utilidad mostradas, en un rango de 0 a 10; siendo 0 la calificación más baja y 10 la más alta. En la columna de aciertos, relacione el número de veces que obtuvo ubicaciones correctas.

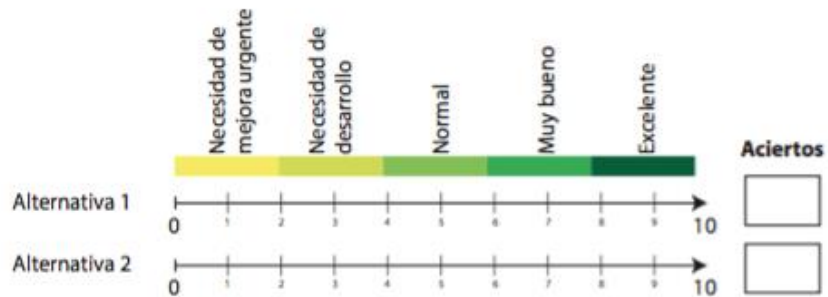


ANEXO F. Formato 2 calificación alternativas estudiantes

- **Orden de las operaciones del procedimiento**

Para una adecuada realización del procedimiento, existen pasos muy específicos evidenciados en el protocolo oculto, los cuales contribuyen al buen manejo de la cabina para un óptimo resultado.

En la siguiente figura pondere los objetivos relacionados anteriormente con las calificaciones de utilidad mostradas, en un rango de 0 a 10; siendo 0 la calificación más baja y 10 la más alta. En la columna de aciertos, relacione el número de veces que obtuvo ubicaciones correctas.



ANEXO G. Tabla de filosofía de control

Filosofía de control						
No.	Tarea	Función principal	T (min)	Operación	Detonante error	Función interna
1	Preparación de la superficie de transporte		10	Acomodar los elementos en el carro de transporte		
2	Preparación del operario		10	Colocarse los elementos de protección		
3	Limpieza de la cabina		5	Limpiar la cabina con Fenol 5%		
				Limpiar cabina alcohol 70%		
4	Encender la cabina	Finalizar tiempo establecido	10	Encender la cabina	Introducir elementos a la cabina antes de tiempo	Timer 10 minutos
		Código alfanumérico de 7 dígitos		Digitar código estudiantil		
5	Introducción de los materiales (ciclo)	Entrada de elementos (1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19)*	8	Limpiar con alcohol al 70% e introducir elementos a la cabina	Entrada de elemento incorrecto	Validar elemento, de lo contrario sonido del zumbador
		Ubicación de elemento (1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16)*		Ubicación de elementos en el área de trabajo		

						con ubicación incorrecta
6	Postura de gafas de seguridad por parte del operario	Finalizar tiempo establecido	1	Ponerse gafas		Timer 1 min
7	Postura de doble guante por parte del operario	Finalizar tiempo establecido	2	Ponerse el doble guante dentro de la cabina	Sacar el segundo guante de la cabina	Identificar salida del segundo guante, y generar sonido del zumbador
8	Marcar elementos de trabajo	Finalizar tiempo establecido	2	Marcar elementos de trabajo		Timer 2 min
9	Análisis del estado de la muestra	Finalizar tiempo establecido	2	Analizar el estado de la muestra		Timer 1 min
10	Depositar la muestra en un tubo para centrifuga	Finalizar tiempo establecido	1	Depositar la muestra en un tubo para centrifuga		Timer 1 min
11	Agregar decontaminante	Finalizar tiempo establecido	2	Agregar decontaminante. Luego descartar pipeta en tarro de hipoclorito.		Timer 2 min
12	Programar cronometro	Iniciar contador	1	Quitarse los dobles guantes y programar el cronometro.	Sacar el segundo guante de la cabina	Identificar salida del segundo guante, de lo contrario sonido del zumbador
				Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina		
13	Agitar en agitador mecánico	Finalizar tiempo establecido	17	Agitar en agitador mecánico	Hacer pausa durante los 17 minutos	Cronometro 17
			5	Dejar de agitar por 5		Timer 5 minutos

				minutos antes de abrir la muestra, mientras se genera el precipitado		
14	Agregar Buffer Fosfato pH 6,8	Finalizar tiempo establecido	1	Agregar Buffer Fosfato pH 6,8		Timer 1
15	Ingresar contenedores de seguridad a la CSB	Entrada del contenedor	3	Quitarse los dobles guantes	Sacar el segundo guante de la cabina	Identificar salida del segundo guante, de lo contrario sonido del zumbador
				Ingresar contenedores de seguridad a la cabina, previa limpieza con alcohol 70%		Validar entrada de contenedor
				Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina		
16	Ubicar tubos para centrifuga en contenedores	Finalizar tiempo establecido	1	Ubicar tubos para centrifuga en contenedores		Timer 1 min
17	Retirar contenedores de seguridad de la CSB	Salida del contenedor (fin primera etapa)	2	Quitarse los dobles guantes	Sacar el segundo guante de la cabina	Identificar salida del segundo guante, de lo contrario sonido del buzer
				Retirar contenedores de seguridad de la CSB		Validar salida del contenedor. Activar tarjetas de ubicación de elementos (2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16)*


18	Adecuación del área de trabajo	Salida de elementos (5, 6, 10)*	8	Sacar elementos de la cabina y limpiarlos.	Salida de elemento incorrecto	Validar elemento, de lo contrario sonido del buzzer
		Entrada de elementos (3, 4, 9, 11, 14)*		Limpiar y entrar elementos a la cabina	Entrada de elemento incorrecto	Validar elemento, de lo contrario sonido del buzzer
		Ubicación de elemento (3, 4, 9, 11, 14)*		Ubicación de elemento en el área de trabajo	Ubicación de elemento en posición incorrecta	Leds inician en rojo y validan a verde 3 segundos después de ubicación correcta, sonido del buzzer con ubicación incorrecta
				Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina		
19	Marcar elementos de trabajo	Finalizar tiempo establecido	2	Marcar las láminas y viales con el código del paciente.		Timer 2 min
20	Retirar tubos para centrifuga del contenedor de seguridad	Finalizar tiempo establecido	1	Abrir contenedor dentro de la cabina		Timer
				Sacar los tubos y ubicarlos en la gradilla		
				Cerrar contenedor		
21	Sacar el contenedor de la cabina	Finalizar tiempo establecido	2	Quitarse los dobles guantes	Sacar el segundo guante de la cabina	Identificar salida del segundo guante, de lo contrario sonido del zumbador
		Salida del		Sacar el contenedor de la	Sacar	Identificar salida






		contenedor		cabina (11+14)*	elemento incorrecto	del elemento incorrecto, sonido del zumbador
		Finalizar tiempo establecido		Limpiar contenedor		
				Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina		
22	Descartar sobrenadante	Finalizar tiempo establecido	1	Desechar sobrenadante en tarro de desechos y ubicarlo en zona contaminada		Timer 1 min
23	Resuspender sedimento	Finalizar tiempo establecido	2	Agregar 2 ml de Buffer Fosfato		Timer 2 min
24	Agitar en agitador mecánico	Finalizar tiempo establecido	2	Agitar por 1 minuto en agitador mecánico		Timer 1 min
				Dejar descansar por 1 minuto		Timer 1 min
25	Distribuir muestra	Finalizar tiempo establecido	7	Sembrar muestra en dos tubos de cultivo		Timer 2 min
				Marcar laminas y realizar frotis		Timer 2 min
				Marcar viales y ubicar resto de la muestra		Timer 3 min
26	Retirar elementos de la cabina	Salida de elementos de la cabina (15, 12, 9, 8(17+18), 3, 2)*	3	Quitarse los dobles guantes	Sacar el segundo guante de la cabina	Identificar salida del segundo guante, de lo contrario sonido del zumbador
				Sacar elementos de la cabina y limpiarlos (15, 12, 9, 8(17+18), 3, 2)*	Salida de elemento incorrecto	Validar elemento, de lo contrario sonido del zumbador






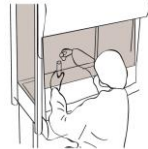
27	Eliminar desechos	Salida de elementos de la cabina (13, 4, 16(1), 19) *	3	Sacar elementos de zona contaminada la cabina (13, 4, 16(1), 19) *	Salida de elemento incorrecto	Validar elemento, de lo contrario sonido del zumbador
28	Apagar cabina	Apagar dispositivo	10	Apagar dispositivo	Intentar apagar con elementos dentro de la cabina Apagar antes de 10 minutos	Timer 10 minutos






*Numeración relacionada en la tabla (X)







ANEXO H. Tabla de mensajes visualizados en pantalla




No.	Tarea	Imagen	Instrucción	Recordatorio	Alerta
1	Preparación de la superficie de transporte		Ubicar en el carro de transporte, los elementos necesarios para realizar el procedimiento en el orden de entrada a la cabina de seguridad biológica.		
2	Preparación del operario		Colocarse los elementos de protección necesarios para el trabajo en una CSB.		
3	Limpieza de la cabina		En la parte exterior con un pañuelo de papel húmedo y en la parte interior con pañuelo de papel, primer con alcohol 70% y de forma posterior con Fenol 5%.		
4	Encender la cabina		Encender la cabina 10 minutos antes del trabajo		Después de encendida la cabina debe esperar 10 minutos antes de empezar a trabajar, retire los elementos introducidos y apague la cabina.

No.	Tarea	Imagen	Instrucción	Recordatorio	Alerta
				Antes de encender la cabina ha debido primero colocarse todos los elementos de seguridad y limpiado la cabina.	Si no lo ha hecho, apague este dispositivo y realice los pasos mencionados, posteriormente vuelva a encender la cabina.
			Digite su código: _____	Puede empezar a introducir los materiales	
5	Introducción de los materiales		Ubicar el carro de transporte al lado dominante del operario.	Recuerde no obstruir el flujo de aire de las rendijas.	
			Comenzar introduciendo los materiales de la zona limpia luego zona de trabajo y al finalizar zona contaminada.		Error de procedimiento, por favor corregir
6	Postura de gafas de seguridad por parte del operario		Colocarse las gafas de seguridad.		
7	Postura de doble guante por parte del operario		Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina.		
8	Marcar elementos de trabajo		Marcar la muestra, el tubo para centrifuga y los tubos con medio de cultivo con el código del paciente.		

No.	Tarea	Imagen	Instrucción	Recordatorio	Alerta
9	Análisis del estado de la muestra		Analizar el estado de la muestra teniendo en cuenta: Aspecto macroscópico - Estado de la muestra - Color - Fecha		
10	Depositar la muestra en un tubo para centrifuga		Depositar la muestra en un tubo para centrifuga. Luego descartar envase de la muestra en la zona contaminada.	Tener cuidado de no generar salpicaduras	
11	Agregar decontaminante		Agregar igual cantidad de decontaminante que del volumen de la muestra.	Evite contacto entre la pipeta y las paredes del tubo.	
12	Programar cronometro		Programar cronometro por un tiempo de 17 minutos	No olvidar quitarse el segundo guante	Por favor quitarse el segundo guante antes de sacar las manos de la cabina
13	Agitar en agitador mecánico		Dejar actuar el decontaminante por 17 minutos Dejar de agitar por 5 minutos antes de abrir la muestra, mientras se genera el precipitado.		
14	Agregar Buffer Fosfato pH 6,8		Llenar el tubo para centrifuga hasta los 50 ml y agitar manualmente.		

No.	Tarea	Imagen	Instrucción	Recordatorio	Alerta
15	Ingresar contenedores de seguridad a la cabina		Limpiar previamente con alcohol 70%		Por favor quitarse el segundo guante antes de sacar las manos de la cabina
16	Ubicar tubos para centrifuga en contenedores		Es importante dejar los contenedores equilibrados y el seguro debe estar por debajo de las pestañas.		
17	Retirar contenedores de seguridad de la cabina		Limpiar contenedores con alcohol al 70%		Por favor quitarse el segundo guante antes de sacar las manos de la cabina
			Ha terminado satisfactoriamente la primera etapa. Por favor llevar las muestras a centrifugar		
18	Adecuación del área de trabajo		Retirar elementos que no se van a usar e ingresar los que se necesitan, limpiando cada uno con alcohol 70%.	Por favor póngase los segundos guantes, ha dado inicio a la segunda etapa.	
19	Marcar elementos de trabajo		Marcar las láminas y viales con el código del paciente.		

No.	Tarea	Imagen	Instrucción	Recordatorio	Alerta
20	Retirar tubos para centrifuga del contenedor de seguridad		Abrir el contenedor y sacar él tubo para centrifuga ubicándolo en la gradilla.		
21	Sacar el contenedor de la cabina		Cerrar el contenedor, limpiarlo con alcohol al 70% y retirarlo de la cabina		Por favor quitarse el segundo guante antes de sacar las manos de la cabina.
22	Descartar sobrenadante		Desecharlo en el tarro de desechos y ubicar el tarro en la zona contaminada.	Por favor póngase los segundos guantes	
23	Resuspender sedimento		Agregar 2 ml de Buffer Fosfato con una pipeta estéril	Evite contacto entre la pipeta y las paredes del tubo.	
24	Agitar en agitador mecánico		Aproximadamente 1 minuto, hasta que se disuelva bien el sedimento.	Dejar descansar muestra por aproximadamente 1 minutos para evitar la propagación de aerosoles.	
25	Distribuir muestra		Sembrar muestra en dos tubos de medio de cultivo con un pipeteador manual.	Descartar las puntas inmediatamente luego de ser usadas en tarro de hipoclorito, ubicado en la zona contaminada.	
			Realizar frotis, tomando 50 microlitros de la muestra, y ubicándola en	Descartar las puntas inmediatamente luego de ser usadas en tarro	

No.	Tarea	Imagen	Instrucción	Recordatorio	Alerta
			forma de ovalo sobre la lámina.	de hipoclorito, ubicado en la zona contaminada.	
			Ubicar el resto de la muestra en viales, usando una pipeta estéril.	Descartar la pipeta luego de ser usadas en tarro de hipoclorito, ubicado en la zona contaminada.	
26	Retirar materiales de la cabina		Comenzando por la zona de trabajo, seguido de la zona limpia. Limpiar los elementos al sacarlos de la cabina con alcohol al 70%.	Dejar secando las laminillas dentro de la CSB encendida.	Por favor quitarse el segundo guante antes de sacar las manos de la cabina.
27	Eliminar desechos		Retirar los elementos de la zona contaminada de la cabina y limpiarlos con fenol 5%.	Ubicar desechos en bolsa roja asegurándose que quede muy bien sellada, para ser enviados a autoclave.	
28	Apagar la cabina		No apague la cabina hasta que termine el tiempo de desinfección.		
			Ya puede apagar el dispositivo y de forma posterior retirar la memoria		

ANEXO I. Propuesta gráfica de visualización



Encender la cabina

Encender la cabina 10 minutos antes del trabajo.

10

Después de encendida la cabina debe esperar 10 minutos antes de empezar a trabajar, retire los elementos introducidos y apague la cabina.

Encender la cabina

Bata de tela → Gorro desechable
Guantes de latex
Bata desechable
Polainas

Antes de encender la cabina ha debido primero colocarse todos los elementos de seguridad.

9

Si no lo ha hecho, apague este dispositivo y realice los pasos mencionados, posteriormente vuelva a encender la cabina.

Encender la cabina

Antes de encender la cabina ha debido primero colocarse todos los elementos de seguridad y limpiado la cabina.

8

Si no lo ha hecho, apague este dispositivo y realice los pasos mencionados, posteriormente vuelva a encender la cabina.

Encender la cabina

Código: _____

Digite su código estudiantil

5

Puede empezar a introducir los materiales

Introducción de los materiales

Ubicar el carro de transporte al lado dominante del operario.

8

Recuerde no obstruir el flujo de aire de las rendijas.

Introducción de los materiales

Comenzar introduciendo los materiales de la zona limpia luego zona de trabajo y al finalizar zona contaminada.

8

Error de procedimiento, por favor corregir

Postura de gafas de seguridad

Colocarse las gafas de seguridad.

1

Postura de doble guante



Colocarse los segundos guantes dentro de la cabina.

2

Agregar decontaminante



Agregar igual cantidad de decontaminante que del volumen de la muestra.

Evite contacto entre la pipeta y las paredes del tubo.

2

Marcar elementos de trabajo



Marcar la muestra, el tubo para centrifuga y los tubos con medio de cultivo con el código del paciente.

2

Programar cronometro



Programar cronometro por un tiempo de 17 minutos.

No olvidar quitarse el segundo guante

1

Marcar elementos de trabajo



Depositar la muestra en un tubo para centrifuga. Luego descartar envase de la muestra en la zona contaminada.

2

Programar cronometro



Programar cronometro por un tiempo de 17 minutos.

Por favor quitarse el segundo guante antes de sacar las manos de la cabina

1

Análisis del estado de la muestra



Analizar el estado de la muestra teniendo en cuenta::
Aspecto macroscópico - Estado de la muestra - Color - Fecha.

2

Agitar en agitador mecánico



Dejar actuar el decontaminante por 17 minutos.

17

Depositar la muestra en un tubo para centrifuga



Depositar la muestra en un tubo para centrifuga. Luego descartar envase de la muestra en la zona contaminada.

Tener cuidado de no generar salpicaduras

1

Agitar en agitador mecánico



Dejar de agitar por 5 minutos antes de abrir la muestra, mientras se genera el precipitado.

5

Agitar en agitador mecánico



Aproximadamente 1 minuto, hasta que se disuelva bien el sedimento.

2

Dejar descansar muestra por aproximadamente 1 minutos para evitar la propagación de aerosoles.

Retirar materiales de la cabina



Comenzando por la zona de trabajo, seguido de la zona limpia. Limpiar los elementos al sacarlos de la cabina con alcohol al 70%.

3

Dejar secando las laminillas dentro de la CSB encendida.

Agregar Buffer Fosfato pH 6,8



Lenar el tubo para centrifuga hasta los 50 ml y agitar manualmente.

1

Retirar materiales de la cabina



Comenzando por la zona de trabajo, seguido de la zona limpia. Limpiar los elementos al sacarlos de la cabina con alcohol al 70%.

3

Por favor quitarse el segundo guante antes de sacar las manos de la cabina

Distribuir muestra



Sembrar muestra en dos tubos de medio de cultivo con un pipeteador manual.

7

Descartar las puntas inmediatamente luego de ser usadas en tarro de hipoclorito, ubicado en la zona contaminada.

Eliminar desechos



Retirar los elementos de la zona contaminada de la cabina y limpiarlos con fenol 5%.

3

Ubicar desechos en bolsa roja asegurándose que quede muy bien sellada, para ser enviados a autoclave.

Distribuir muestra



Realizar frotis, tomando 50 microlitros de la muestra, y ubicándola en forma de ovalo sobre la lámina.

5

Descartar las puntas inmediatamente luego de ser usadas en tarro de hipoclorito, ubicado en la zona contaminada.

Apagar la cabina



No apague la cabina hasta que termine el tiempo de desinfección.

10

Distribuir muestra



Ubicar el resto de la muestra en viales, usando una pipeta estéril.

3

Descartar la pipeta luego de ser usadas en tarro de hipoclorito, ubicado en la zona contaminada.

Apagar la cabina



Ya puede apagar el dispositivo y de forma posterior retirar la memoria

0

ANEXO J. Dimensiones elementos

Medidas individuales



Micropipeta
x: 4 cms
Y: 18,3 cms



Pipeta esteril
x: 0,7 cms
Y: 33,5 cms



Puntas micropipeta
x: 15,8 cms
Y: 10,5 cms



Pipeteador neumático
x: 6 cms
Y: 17,6 cms



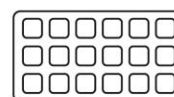
Frasco NaOH
x,y: 5 cms



Frasco Buffer
x,y: 5 cms



Vortex
x,y: 15,3 cms



Gradilla
x: 10,4
y: 19,7 cms



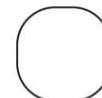
Marcador
x: 1,8 cms
y: 14,2 cms



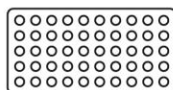
Tarro Hipoclorito
x: 48 cms
y: 14 cms



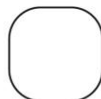
Tarro viales
x, y: 10,7 cms



Frasco desechos
x,y: 10,7 cms



Gradilla Viales
x: 10 cms
y: 19,7 cms



Contenedor Centrifuga
x,y: 10 cms



Laminas x2
x: 3 cms
Y: 7 cms