

**SISTEMA DE SUMINISTRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS
INTENSIVOS**

CINDY JANNETH RONDÓN CACHOPO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2013

**SISTEMA DE SUMINISTRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS
INTENSIVOS**

Modalidad Trabajo de Investigación

CINDY JANNETH RONDÓN CACHOPO

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Diseñador Industrial**

Director de proyecto

Mg. DI. FRANCISCO MARIO ESPINEL CORREAL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2013

A mis padres, Francisco Rondón y Janeth Cachopo

A mis hermanos Luis y Sofía

CINDY

AGRADECIMIENTOS

El éxito de cualquier proyecto depende en gran medida del apoyo y pautas de muchas otras personas además de los esfuerzos propios. Por lo tanto, aprovecho esta oportunidad para expresar mi agradecimiento a las decenas de personas que han sido fundamentales para hacer de mi vida lo que es hoy. Gracias a Dios el padre de todos, quien me da la fuerza, esperanza e iluminación que me mantienen de pie.

Expreso mi agradecimiento al Prof. Francisco Espinel por su valiosa orientación y asesoramiento durante el desarrollo de este proyecto, su motivación contribuyó enormemente al presente trabajo. Además, doy las gracias a la Fundación Oftalmológica de Santander (FOSCAL) y al Hospital Universitario de Santander (HUS) por permitirme el ingreso a sus instalaciones y a la información necesaria para la realización del proyecto, igualmente por brindarme la oportunidad de participar en un ambiente empresarial aportando experiencia a mi desarrollo profesional. Agradezco a la Universidad Industrial de Santander por abrirme las puertas al diseño industrial y permitirme formar parte de su proyecto educativo, gracias asimismo a la Escuela de Diseño Industrial por ser mi familia sustituta durante mis años de estudio, a los profesores de la escuela de diseño industrial, por brindarme sus conocimientos y experiencias. A mis compañeros de clases y amigos gracias por su ayuda, apoyo y acompañamiento.

La mayor parte de lo que he aprendido con los años ha llegado como resultado de las enseñanzas y el apoyo de mis padres, que con amor me han dedicado gran parte sus vidas desde sus años tempranos de juventud. Por eso, estoy siempre en deuda con ellos y les agradezco infinitamente. Gracias a mis queridos abuelos, tíos, primos, hermanos y personas con las que viví, por la amabilidad y la paciencia que me hicieron sentir como en casa durante mi estancia en sus

hogares. Gracias a Carlos por su comprensión, paciencia, ayuda en éste proyecto y aliento cuando más lo necesito.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	24
1.2 JUSTIFICACIÓN	25
1.3 OBJETIVOS	27
1.3.1 General	27
1.3.2 Específicos	27
1.4 USUARIOS	28
1.5 METODOLOGÍA PROYECTUAL	30
1.5.1 Selección y empleo de métodos	32
2. FASE 1 INDAGACIÓN	34
2.1 ANÁLISIS DEL CONTEXTO DE USO	35
2.1.1 Visita de campo a UCI de la FOSCAL y HUS	35
2.1.2 Entrevistas y cuestionario a los usuarios	38
2.1.3 Especificación del contexto de uso	34
2.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES	40
2.2.1 Elementos y suministros de una habitación o módulo UCI.	41
2.2.2 Conceptos de diseño	43
2.2.3 Conceptos de Color	45
2.3 UNIDADES DE SUMINISTRO MEDICO DISPONIBLES ACTUALMENTE EN EL MERCADO	46
2.4 CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA LA CREACIÓN DE SISTEMAS DE SUMINISTRO MÉDICO	58
2.4.1 Aspectos normativos y disposiciones	58
2.4.2 Materiales que pueden ser utilizados para la construcción del sistema.	65

2.4.3 Proceso de fabricación del sistema de suministro médico	67
2.4.4. Factores Humanos	68
3. FASE 2. ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS	74
3.1 COMPARACIÓN SISTEMÁTICA DE LOS GRUPOS DE REQUERIMIENTOS	74
3.2 ESPECIFICACIÓN Y ORDEN DE LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	77
4. FASE 3. PRODUCCIÓN DE SOLUCIONES	81
4.1 IDEAS Y PRIMEROS CONCEPTOS	81
4.1.1 Modelo en madera de la alternativa 3	96
4.2 DISEÑO DE DETALLE	99
4.2.1 Interpretación de colores y símbolos	102
4.2.2 Paleta de color, tipografía y tamaño	105
4.2.3 Evolución de la alternativa	107
4.3 DISEÑO DE IDENTIDAD	116
5. FASE 4. VALIDACIÓN DEL DISEÑO	120
5.1 MODELO FUNCIONAL	120
5.2 EVALUACIÓN ASISTIDA	121
5.3 EVALUACIÓN HEURÍSTICA	123
5.4 CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN	125
5.5 PRESUPUESTO	127
5.6 ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA	128
5.6.1 Estudio estático del tubo exterior	130
5.6.2 Estudio estático del tornillo M10	137
5.6.3 Estudio estático del antebrazo	140
5.6.4 Estudio estático de la repisa	144
6. CONCLUSIONES	147
BIBLIOGRAFÍA	149

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de Metodología del proyecto	31
Figura 2. Métodos y técnicas aplicadas en las distintas fases de diseño	32
Figura 3. Unidades de suministro de la FOSCAL	36
Figura 4. Unidades de suministro del HUS	37
Figura 5. Registro fotográfico de la aplicación de cuestionario	39
Figura 6. Sala UCI con cubículos de hospitalización	41
Figura 7. Columna piso-techo de madera implementada actualmente	30
Figura 8. Registro fotográfico de la aplicación de la entrevista	32
Figura 9. Actividades del usuario	35
Figura 10. Disposición de suministros	36
Figura 11. Altura que excede el alcance máximo vertical	36
Figura 12. Conexión de equipo	37
Figura 13. Forma incorrecta de flexionarse	37
Figura 14. Conexión del paciente	38
Figura 15. Monitoreo y control	39
Figura 16. Paciente dado de alta	39
Figura 17. Monitor multiparamétrico	41
Figura 18. Cama móvil	41
Figura 19. Contenedores de residuos	41
Figura 20. Bombas de infusión	41
Figura 21. Ventilador mecánico	42
Figura 22. Tipos de unidades de suministro médico	50
Figura 23. Colgante médico KL-T.IIA	51
Figura 24. Colgante médico con funcionamiento motorizado T.IA	52
Figura 25. Unidad multifuncional de suministro médico para UCI	53

Figura 26. Unidad de suministro de techo OR	54
Figura 27. Unidad de suministro de techo INDEPENDANT 401	55
Figura 28. Sistema de suministro médico de pared horizontal CROWN	56
Figura 29. Sistema portador ICS 3	57
Figura 30. Proceso de fabricación del sistema	67
Figura 31. Cálculo del ángulo visual A en minutos de arco conociendo la altura y distancia del objeto	69
Figura 32. Diagrama de estación de trabajo	73
Figura 33. Cuestionario de requerimientos	75
Figura 34. Registro fotográfico de la comparación sistemática de requerimientos	76
Figura 35. Formas de la transición de las celdas circulares a las celdas hexagonales	82
Figura 36. Formas extraídas del panel de abejas	82
Figura 37. Primera idea conceptual	83
Figura 38. Segunda idea conceptual	84
Figura 39. Tercera idea conceptual	85
Figura 40. Cuarta idea conceptual	85
Figura 41. Quinta idea conceptual	86
Figura 42. Sexta idea conceptual	86
Figura 43. Séptima idea conceptual	87
Figura 44. Octava idea conceptual	87
Figura 45. Décima idea conceptual	88
Figura 46. Onceava idea conceptual	88
Figura 47. Idea 1: evolución a columna compacta	89
Figura 48. Idea 2: evolución a columna hexagonal	90
Figura 49. Idea 3: evolución a columna tipo puente colgante	90
Figura 50. Registro fotográfico de la etapa de evaluación de ideas	91
Figura 51. Alternativa conceptual 1: evolución tridimensional de la idea 2	92
Figura 52. Alternativa conceptual 2: Evolución tridimensional de la idea 3	93

Figura 53. Registro fotográfico de la evaluación de las alternativas conceptuales	93
Figura 54. Alternativa 3: Combinación de las alternativas 1 y 2	94
Figura 55. Registro fotográfico de la evaluación de la alternativa 3	96
Figura 56. Primer modelo alternativa 3, elaborado en madera (Esc._ 1:1)	97
Figura 57. Columna Área Seca de alternativa 3, elaborada en madera (Esc._ 1:1)	98
Figura 58. Dimensiones del sistema con proporción áurea y simetría (cm)	99
Figura 59. Diagrama de la división del problema	101
Figura 60. Distribución dimensional (altura) de los componentes asociados a la columna.	102
Figura 61. Cuestionario de interpretación	103
Figura 62. Paleta de color	106
Figura 63. Etiqueta de 220v	107
Figura 64. Solución 1	108
Figura 65. Solución 2	108
Figura 66. Solución 3	109
Figura 67. Solución 4	110
Figura 68. Solución 5	111
Figura 69. Solución final	112
Figura 70. Diseño final	113
Figura 71. Partes del sistema de suministro	114
Figura 72. Dimensiones del sistema de suministro	115
Figura 73. Esquema de implementación del sistema	115
Figura 74. Cuestionario de identidad	118
Figura 75. Logotipo	118
Figura 76. Proporciones del isologo	119
Figura 77. Isologo a color, escala de grises y blanco y negro	119
Figura 78. Modelo funcional	121
Figura 79. Formato de evaluación asistida	122

Figura 80. Registro fotográfico de la evaluación asistida	123
Figura 81. Formato de Evaluación Heurística	124
Figura 82. Formato del Cuestionario de satisfacción	126
Figura 83. Registro fotográfico del cuestionario de satisfacción	127
Figura 84. Selección del material	130
Figura 85. Aplicación de la fuerza y especificación de fijación	131
Figura 86. Tensiones en el tubo exterior	132
Figura 87. Desplazamiento del tubo primera simulación	133
Figura 88. Factor de seguridad del tubo	135
Figura 89. Aplicación de la fuerza máxima	136
Figura 90. Resultados de tensiones del tornillo M10	137
Figura 91. Resultados de desplazamiento y	138
Figura 92. Resultados de la aplicación de la carga máxima que soporta el tornillo	139
Figura 93. Aplicación de las fuerzas en el antebrazo	141
Figura 94. Resultados de las tensiones del antebrazo	141
Figura 95. Resultados de los desplazamientos del antebrazo	142
Figura 96. Resultados de los Factores de seguridad del antebrazo	142
Figura 97. Resultado de las tensiones del antebrazo con carga máxima	143
Figura 98. Resultado de los desplazamientos del antebrazo con carga máxima	143
Figura 99. Resultados de los factores de seguridad del antebrazo con carga máxima	144
Figura 100. Resultados del estudio estático de la repisa	145
Figura 101. Resultados del estudio estático de la repisa con la carga máxima	146

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1 Porcentaje de grupos de usuarios	30
Gráfico 2. Frecuencia de uso de suministros	33
Gráfico 3. Grado de importancia de los grupos de requerimientos	76
Gráfico 4. Interpretación del tipo de gas medicinal según el color	104
Gráfico 5. Interpretación del tipo de tomacorriente según el color	104
Gráfico 6. Interpretación de los símbolos de alerta y llamado a enfermería	104
Gráfico 7. Conocimiento de la función de la toma para red de datos	105
Gráfico 8. Conceptos que expresa el sistema	117
Gráfico 9. Elección del nombre	117
Gráfico 10. Resultados de Evaluación Heurística	125
Gráfico 11. Resultados de cuestionario de satisfacción	127

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resultados de la entrevista realizada al personal de enfermería UCI del HUS	31
Tabla 2. Equipos y suministros de un cubículo UCI	34
Tabla 3. Fuerzas del dedo y la mano en varios casos de manipulación	61
Tabla 4. Tamaños recomendados de caracteres correspondientes a diferentes distancias de lectura	70
Tabla 5. Medidas antropométricas de hombres colombianos	71
Tabla 6. Medidas antropométricas de mujeres colombianas	72
Tabla 7. Parámetros antropométricos considerados	73
Tabla 8. Especificación de los Requerimientos	77
Tabla 9. Presupuesto para el desarrollo del diseño	127
Tabla 10. Presupuesto para la construcción de modelos	128
Tabla 11. Tensiones de la primera simulación del tubo exterior	132
Tabla 12. Desplazamientos del tubo primera simulación	133
Tabla 13. Tensiones máximas y mínimas del tornillo M10	137
Tabla 14. Desplazamiento mínimo y máximo del tornillo M10	137
Tabla 15. Resultado mínimo y máximo de la tensión del antebrazo	140
Tabla 16. Resultado mínimo y máximo del desplazamiento del antebrazo	140
Tabla 17. Resultados mínimos y máximos de tensiones de la repisa	144
Tabla 18. Resultados mínimos y máximos de tensiones de la repisa	144

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Fotografías de las unidades de suministro de la clínica Ardila Lulle	152
ANEXO B. Formato del cuestionario Análisis del contexto de uso 1	156
ANEXO C. Formato del Cuestionario Análisis del Contexto de uso 2	148
ANEXO D. Formato de entrevista Deficiencias del sistema	150
ANEXO E. Formato cuestionario a Jefe de UCI	151
ANEXO F. Planos del sistema Integralmed	152
ANEXO G. Planos del sistema Integralmed	153
ANEXO H. Planos del sistema Integralmed	154
ANEXO I. Planos del sistema Integralmed	155
ANEXO J. Planos del sistema Integralmed	156
ANEXO K. Planos del sistema Integralmed	157
ANEXO L. Planos del sistema Integralmed	158
ANEXO M. Planos del sistema Integralmed	159
ANEXO N. Planos del sistema Integralmed	160
ANEXO O. Planos del sistema Integralmed	161
ANEXO P. Planos del sistema Integralmed	162
ANEXO Q. Planos del sistema Integralmed	163
ANEXO R. Planos del sistema Integralmed	164
ANEXO S. Planos del sistema Integralmed	165
ANEXO T. Planos del sistema Integralmed	166
ANEXO U. Planos del sistema Integralmed	167
ANEXO V. Planos del sistema Integralmed	168
ANEXO W. Planos del sistema Integralmed	169
ANEXO X. Planos del sistema Integralmed	170
ANEXO Y. Planos del sistema Integralmed	171

ANEXO Z. Planos del sistema Integralmed	172
ANEXO AA. Planos del sistema Integralmed	173

GLOSARIO

Unidad de suministro médico: Sistema que suministra energía eléctrica, gases medicinales y / o líquidos y/o gas anestésico. Son destinadas a ser usadas para facilitar la atención médica y monitorización a pacientes que requieren un cuidado intensivo.

Unidad de cuidados intensivos: Es una sección especializada de un hospital o clínica que ofrece atención integral y continua a las personas que están gravemente enfermas y que pueden beneficiarse del tratamiento.

FOSCAL: Fundación Oftalmológica de Santander. Fundación de la Clínica Carlos Ardilla Lülle que brinda atención oftalmológica.

Ingeniería Biomédica: Dependencia de la FOSCAL, que brinda el mantenimiento de equipos médicos y las diferentes técnicas de esterilización. Usan las normas de seguridad para seleccionar y adquirirlos equipos médicos necesarios para la clínica.

HUS: Hospital Universitario de Santander. Institución pública, prestadora del servicio de salud de mediana y alta complejidad.

RESUMEN

TITULO: SISTEMA DE SUMINISTRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS*

AUTORA: CINDY JANNETH RONDÓN CACHOPO**

PALABRAS CLAVES: Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), columna de suministro médico, equipos y suministros hospitalarios.

DESCRIPCIÓN

Ofrecer atención integral y continua a las personas que están gravemente enfermas, requiere constantemente de equipos de monitoreo y reanimación. En la medida que avanza la tecnología y los procedimientos para la atención de la salud, surgen nuevos equipos requeridos para la atención, cuidado, conservación y recuperación de la salud de los pacientes. Estos equipos deben estar ubicados cerca del paciente que esté internado en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Lo anterior conlleva la necesidad de implementar un dispositivo que integre los equipos y suministros requeridos para la atención de un afechado en estado crítico.

El objetivo de este trabajo de investigación fue diseñar y construir, mediante un proceso iterativo enfocado en el usuario, una solución que integra ordenada y adecuadamente los equipos y suministros necesarios para prestar atención médico asistencial en pacientes que requieren tratamiento intensivista.

Las alternativas desarrolladas junto con el diseño final en este proyecto se basan en las normas nacionales e internacionales y los requerimientos de usuario están fundamentados en el contexto de uso hospitalario y clínico. Contenidos en las características del diseño final están la estética, la utilidad y la novedad.

* Trabajo de Investigación

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director de proyecto Mg. DI. Francisco Espinel Correal

ABSTRACT

TITLE: MEDICAL SUPPLY INTENSIVE CARE UNIT^{*}

AUTHOR: CINDY JANNETH RONDÓN CACHOPO^{**}

KEYWORDS: Intensive Care Unit (ICU), medical supply column, user-centered design, medical device.

CONTENT:

Providing continuous and integral attention to people critically ill, constantly requires monitoring and resuscitation equipment; as technology advances, new equipment emerge, therefore the number of teams around a patient in the ICU is high. With the above arises the need to implement a device that integrates equipment and supplies needed to care for a patient in critical condition.

The objective of this research work is to design and to build through a user-focused development, with iterative methodology, a functional model of a modular supply unit for to integrate orderly and properly the equipment and supplies needed to provide medical care to patients that require intensive care treatment.

The alternatives developed in conjunction with the final design in this project are based and used internationally respected standards (ISO 11197 Medical Supply Unit) and user requirements are based on the context of clinical and hospital use. In the features final design are aesthetics, utility and novelty.

^{*} Research Work

^{**} Faculty of Physical and Mechanical. School of Industrial Design. Project Director: Mg. D.I. Francisco Mario Espinel Correal.

INTRODUCCIÓN

Un paciente es internado en una unidad de cuidados intensivos (UCI) cuando está críticamente enfermo, inestable y/o requiere tratamiento y monitoreo intensivo. En cualquiera de los casos, el paciente recibe atención médica, la cual tiene como objetivo principal preservar la vida. Para cumplir con este objetivo, es fundamental el trabajo conjunto del personal médico y de enfermería, ayudado por los equipos y herramientas hospitalarias. Así mismo, el espacio de trabajo alrededor del paciente y su distribución afecta el desarrollo de las diferentes tareas del personal hospitalario. Dado que el espacio en un cubículo o habitación UCI es reducido, que la cantidad de equipos y suministros médicos es amplia y que la distribución de estos elementos alrededor del paciente no es adecuada, se hizo necesaria la intervención del diseño industrial mediante el desarrollo de una nueva solución, que integrara en un equipo médico los suministros necesarios para prestar monitoreo y atención intensiva a pacientes en estado crítico. Además de garantizar una adecuada disposición de los equipamientos y espacios de un módulo o cubículo UCI.

El problema se abordó teniendo en cuenta factores humanos, factores de contexto, soluciones existentes y condiciones posturales del usuario. Fue así como nació *IntegralMed* al buscar una solución que integrara los equipos médicos, elementos y suministros eléctricos y de gases medicinales requeridos en UCI, abordando temas de organización, usabilidad y minimización de elementos médicos alrededor del paciente. La solución expuesta en el presente documento es la conjunción de conceptos ingenieriles y de diseño industrial que permiten la competencia con soluciones desarrolladas en empresas biomédicas de trayectoria.

IntegralMed es un proyecto de alta calidad profesional y tecnológica, debido en parte a que contiene ideas, aportes y desarrollos provenientes de un grupo interdisciplinar, que se conformó gracias a la inclusión de los diferentes usuarios (primarios, secundarios y terciarios) en cada una de las etapas. Los mencionados usuarios reunieron diversas profesiones, como la ingeniería biomédica, ingeniería mecánica y enfermería en conjunto con el diseño industrial. La participación de todos los integrantes del grupo interdisciplinar fue fundamental para la exploración, el desarrollo y la validación del proyecto.

Esta asociación tuvo como fin suscitar un sistema de suministro médico que permitiera la interacción usuario - sistema y sus posibilidades operativas al momento de realizar las actividades contenidas en la atención intensiva de pacientes en estado crítico. La efectiva aplicación de conceptos fundamentados en el diseño y la mecánica determinaron la viabilidad y gestión de un posible producto para posicionarlo en el mercado. Para esto, fue necesario llevar a cabo un proceso metodológico, en el cual se produjeron propuestas de diseño apoyadas en el usuario, el contexto, requerimientos cuantitativos y cualitativos del material, así como las restricciones provistas por la antropometría. La evolución de las propuestas trajo como resultado la consolidación de un diseño conceptual; éste fue evaluado por diferentes usuarios. Posteriormente se realizó la construcción de un modelo funcional que fue validado y comprobado.

Durante el proceso fueron usadas herramientas computacionales que permitieron estudios de los diferentes mecanismos que componen el diseño final. De esta forma, se logró una herramienta médica con la cual el usuario interactúa sin dificultades, conociendo el grado de resistencia y capacidad del equipo.

El presente documento corresponde al informe final del proyecto y fue dividido en cinco capítulos. Estos registran la investigación en el diseño de una solución innovadora, necesaria y atractiva con alta calidad tecnológica. Además, reflejan

las cuatro etapas del proceso dinámico que se llevó a cabo. La primera es la comprensión, especificación del contexto de uso y planteamiento de la situación problemática; la segunda es la especificación de los requisitos; la tercera es la obtención de soluciones de diseño que cumplan con los requisitos y la última es la validación de la solución de diseño. El resultado del proceso puede evidenciarse en el modelo funcional de la columna de suministro médico fundamentada en la normatividad internacional, con miras al montaje de una producción seriada de un producto que brinda comodidad y facilita la labor del personal de UCI.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El proyecto surge de la necesidad manifiesta que tiene el grupo de ingeniería biomédica de la Clínica Fundación Oftalmológica Carlos Ardila Lülle, ubicada en el municipio de Floridablanca – Santander, de implementar un sistema que integre los equipos de monitoreo y reanimación, panel de alimentación eléctrica y de gases medicinales, parámetros vitales del paciente, ventilador mecánico y utensilios médicos necesarios en los procedimientos asistenciales que se realizan en la Unidad de Cuidados Intensivos.

Por otra parte, también impulsa la realización de este proyecto, el propósito de aplicar en la zona Franca FOSUNAB^{1*} un sistema moderno, que sea coherente con su escenario y medio ambiente. Los objetivos de la unidad de suministro son reducir el tiempo de acomodamiento de la unidad de cuidados intensivos por parte del personal de enfermería, médico y de mantenimiento, además de, brindar amplitud visual para mejorar las condiciones de trabajo del personal médico y aportar a la habitación una dimensión expresiva-formal agradable.

Según la *Surgery Encyclopedia*², la unidad de cuidados intensivos es una sección especializada de un hospital, que ofrece atención integral y continua a las personas que están gravemente enfermas y que pueden beneficiarse del tratamiento. Por lo tanto, la implementación del diseño industrial en las unidades

¹ Zona Franca FOSUNAB. Proyecto. [En línea]. [Consultado el 17 de mayo de 2013]. Disponible: <<http://www.fosunab.com/>> [citado el 17 de mayo de 2013].

²*Surgery Encyclopedia*. Definición de: *Intensive Care Unit*. [En línea]. [Consultado el 12 de diciembre de 2012] Disponible en: <<http://www.surgeryencyclopedia.com/Fi-La/Intensive-Care-Unit.html#b>>

*Zona Franca FOSUNAB será un complejo de alta tecnología en salud, que integrará servicios médicos, innovación, investigación científica, desarrollo del conocimiento, hotelería y centro de convenciones.

de suministro médico puede incidir en el mejoramiento de los productos, su disposición y el ambiente de uso, lo cual influirá en la optimización de la atención integral y continua que se brinda al paciente de la UCI.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Por ser un proyecto de investigación que se desarrolla en un ambiente empresarial, en busca de una solución a una necesidad concretamente expuesta, éste se ejecuta pensando en aportar una solución integral a la comunidad prestadora de atención médica intensiva y a las personas cuya salud se halle en estado crítico. En todo el proceso de diseño se hacen partícipes a los usuarios primarios por medio de encuestas, cuestionarios y visitas al lugar donde desempeñan su labor.

Cuando un paciente es ingresado en una UCI, debido a las condiciones críticas de su salud, siempre se requiere del apoyo y monitoreo médico con equipos o dispositivos electrónicos, que vigilan constantemente sus signos vitales y demás variables, hasta el punto en el cual alcanzan un nivel de estabilidad. Debido a la diversidad de los equipos indispensables que prestan ese cuidado médico, se requiere la integración y disposición adecuada de estos sistemas, para lograr la eficacia y fiabilidad de los servicios clínicos brindados. La atención inmediata, la seguridad y la protección de la vida de personas con estados graves de salud son empeños primordiales de la UCI, por lo tanto, la rápida adecuación, la posibilidad de tener facilidad de acceso a los sistemas y equipos médicos son, entre otras, la clave para lograr dichos propósitos.

No todos los pacientes en estado crítico requieren los mismos equipos médicos, por lo tanto, la unidad de suministro debe estar en capacidad de brindar facilidad de instalación de los dispositivos y de ese modo evitar tener que incrustarlos por largos periodos. Esto proporciona al sistema el dinamismo requerido en cuanto a

la distribución de los equipos. La aplicación de los principios de usabilidad (visibilidad, coherencia con el entorno, control del usuario, estándares, prevención de errores, facilidad de uso, apariencia y lenguaje) para optimizar las actividades de los usuarios directos y la consecuente disminución del riesgo de afectación de su integridad, con ocasión de la interacción del personal científico con el dispositivo organizador, fue un punto de enfoque importante en el presente trabajo, en razón a que día a día los dispositivos médicos aumentan su complejidad. De modo que, la unidad de suministro no suma dificultades derivadas de su uso en la actividad médica asistencial que se realiza en las UCI, sino que resta limitaciones que pueden incidir en la prestación de un servicio eficiente y de calidad.

Situación Observada. En la actualidad los paneles medicinales o unidades de suministro de las UCI en la FOSCAL corresponden a torres que poseen tableros de entradas eléctricas, conexiones para gases, contenedores de malla metálica y superficies de apoyo donde se ubican los equipos médicos. Todo se encuentra integrado en un cuerpo robusto de dimensiones significativas, en estado inmóvil y rígido con diversidad de cables desorganizados (ver Anexo A). Es en este punto donde la intervención del diseño industrial aporta una propuesta de solución compatible con las necesidades establecidas anteriormente. Dicha propuesta puede proporcionar al paciente y al cuerpo de profesionales de la salud un puesto sin obstáculos, para facilitar el traslado de las personas y optimizar el ajuste, instalación, interacción y manipulación de los elementos de la UCI.

Situación deseada. La disposición y adecuación de los equipos permite resolver situaciones generadas por la variabilidad del sistema requerido para cada paciente, al adecuar el sistema y los recursos necesarios para las diferentes situaciones críticas que puedan presentar durante la atención del paciente. Un segundo aspecto sobre el cual se orientó el trabajo fue aprovechar al máximo el espacio disponible, el orden de la unidad de cuidados intensivos y la movilidad de

la unidad para permitir al personal médico y de enfermería un desempeño laboral satisfactorio y un ambiente inteligible y accesible.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General. Diseñar un sistema que integre de forma ordenada y adecuada los equipos y suministros médicos requeridos en la UCI, mediante la aplicación de parámetros e información obtenida a través del análisis de las necesidades propias del funcionamiento de la atención intensiva.

1.3.2 Específicos

- Señalar ventajas y desventajas de soluciones existentes en el mercado con el fin de determinar puntos críticos que puedan afectar el diseño del nuevo sistema.
- Analizar normas nacionales e internacionales que contribuyan con el desarrollo del diseño.
- Determinar posibles áreas de ubicación de los elementos que integran el sistema teniendo en cuenta parámetros antropométricos.
- Establecer información relativa a unidades y sistemas de suministro que faciliten especificar y priorizar los requisitos.
- Diseñar alternativas que contengan las características deseadas por el usuario, para la posterior elección de la alternativa que mejor cumpla con los requisitos especificados.

- Desarrollar un modelo que abarque las características para una mejor adecuación de módulo UCI.

1.4 USUARIOS

Según Ricardo Blanco³ y Eric von Hippel⁴, un usuario es la persona que usa un producto diseñado para resolver sus necesidades, éstas se anticipan a los requerimientos del mercado en general. El mismo usuario puede hacer que un producto sea útil y versátil, porque es él quien identifica y conoce la necesidad o problemáticas del producto. La persona que usa un objeto puede definirse desde tres puntos de vista. El primero, es desde el punto de vista social, para el cual, el sujeto usa el objeto y por lo tanto, él es un usuario. El segundo, es desde el punto de vista de la industria que fabrica los productos, para quien aquella persona es un consumidor. por último, si se acepta una nueva dimensión expuesta por el D.I. R. Blanco, en la cual alguien adquiere un objeto por el placer y deseo de tenerlo, sin importar si cumple o no una función, se define a la persona como “gustadora” o un “sujeto fruidor”. Al abordar las dimensiones anteriores se identifica a la persona que va a interactuar con el producto como “usuario”, ya que es un utilizador. Debido a esto, se extraerá de él toda la información necesaria para suplir sus necesidades.

Dado el grado de interacción del usuario con el producto, pueden diferenciarse tres tipos: usuario primario, usuario secundario y usuario terciario. A continuación son especificados cada uno de ellos.

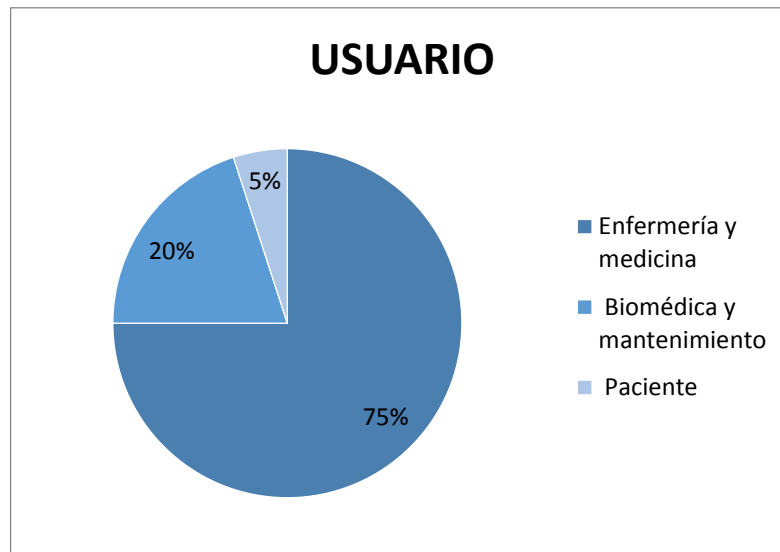
³BLANCO, Ricardo. Notas sobre el diseño industrial. Un nuevo personaje en el diseño: usuario, consumidor y su alter ego. Buenos Aires: Nobuko, 2007. p.71.

⁴von HIPPEL, Eric. *The sources of innovation*. Nueva York y Oxford: Oxford University Press. 1998. p.106.

- **Usuario Primario.** Pertenece al personal médico o de enfermería de la UCI. Son las personas que hacen uso directo y constante de las funciones del producto. Este usuario necesita interactuar constantemente con el producto. Su rango de edad está entre los 20 y 58 años. Son personas expertas en el área de la salud.
- **Usuario Secundario.** Pertenecen a este grupo el personal que no hace uso de las funciones del producto, pero interactúa directamente con él. Como son, el personal de ingeniería biomédica y de mantenimiento. La interacción de este usuario con el producto es ocasional. Su rango de edad es de 20 a 50 años aproximadamente.
- **Usuario Terciario.** Es el usuario que puede ser afectado por la interacción usuario/producto, corresponde al paciente, persona que no tiene contacto directo con el producto pero depende de los resultados obtenidos por los usuarios primarios. Puede estar en etapa neonatal, pediátrica o adulta y necesita los recursos que suministra el sistema.

El Gráfico 1 representa el grado de interacción de cada uno de los usuarios con el sistema. En los capítulos posteriores, el término usuario hace referencia al usuario primario. Los usuarios secundarios y terciarios son referenciados con los términos: personal de mantenimiento - biomédica y paciente, respectivamente.

Gráfico 1 Porcentaje de grupos de usuarios



1.5 METODOLOGÍA PROYECTUAL

El enfoque metodológico aplicado se centró en el usuario. El diseño centrado en el usuario es definido por la *Usability Professionals Association (UPA)*⁵ como un enfoque de diseño cuyo proceso está dirigido por la información que aportan las personas que van a hacer uso del producto. El desarrollo es cíclico, las decisiones y objetivos que se pretenden satisfacer con el producto están dirigidos por el usuario y la usabilidad del diseño es evaluada de forma iterativa y mejorada incrementalmente.

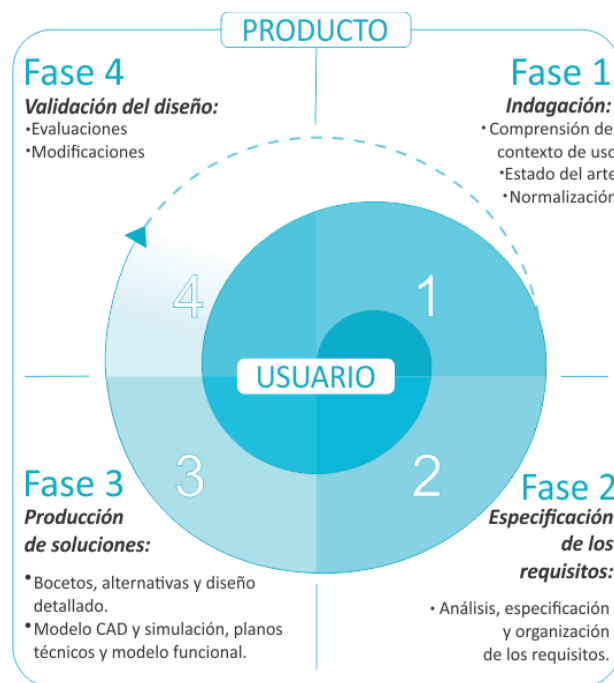
El proyecto se realizó con una adaptación metodológica basada en la publicación: "*Methods to support human-centred design*"⁶, escrito elaborado con el objetivo de ayudar a entender cómo las estrategias del diseño centrado en el usuario (DCU) pueden mitigar los errores relacionados con el uso en el diseño de un producto. Al

⁵USABILITY PROFESSIONALS ASSOCIATION. *User-centred design*. [En línea]. [Consultado el 12 diciembre de 2012]. Disponible en: <http://www.upassoc.org/usability_resources/about_usability/what_is_ucd.html>

⁶MAGUIRE, Martin. *Methods to support human-centred design*. Reino Unido: *Loughborough University*, 2001. p.589-622.

emplear esta metodología se previó problemas y fue posible abordarlos durante el desarrollo del proyecto. Durante las etapas del proceso de diseño se realizan visitas de campo y se extraen puntos de vista, sugerencias y conocimiento del usuario que pueden ayudar en la obtención de la solución. La Figura 1 muestra el diagrama de la metodología proyectual usada para la realización del proyecto, ésta está fundamentada en la norma DIN EN ISO 9241-210, que define el diseño centrado en el ser humano.

Figura 1. Diagrama de Metodología del proyecto

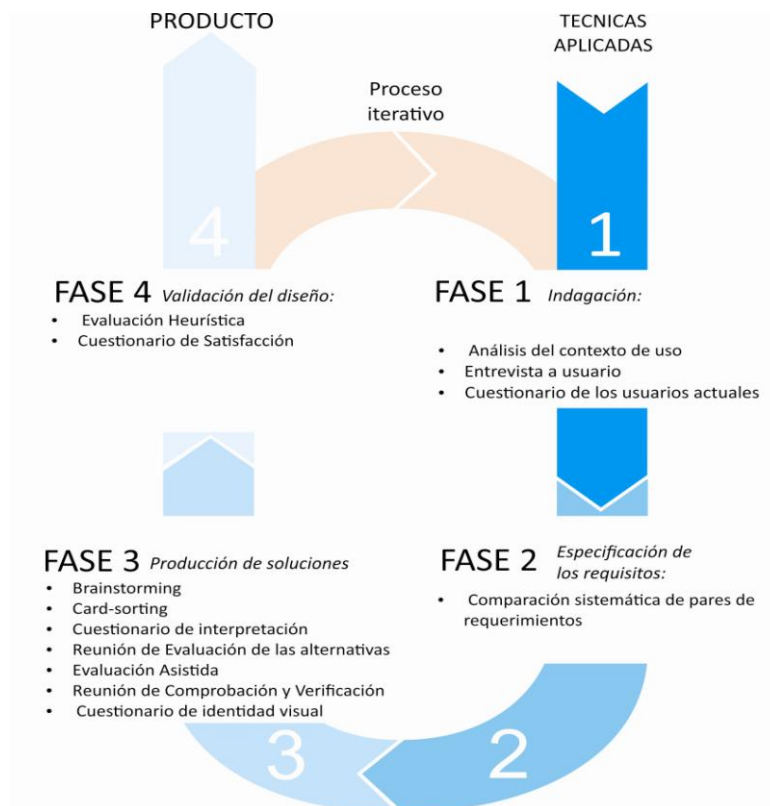


Esta metodología está dividida en cuatro fases o etapas. La primera es la etapa de Indagación, en la se recolecta información relacionada con el usuario, el contexto de uso, el estado del arte del producto y las normas referentes a sistemas de suministro. Está fase está contenida en el capítulo 2. La segunda es la etapa de especificación de los requisitos, en la cual se traducen las necesidades del usuario a requisitos de diseño. El capítulo 3 presenta los resultados obtenidos durante la realización de esta fase. La tercera etapa es la etapa de producción de

soluciones, estas son presentadas en el capítulo 4. Durante esta fase se producen ideas, alternativas y se detalla el diseño. Por último tenemos la etapa de validación del diseño, que es tratada en el capítulo 5, en la cual se evalúa el diseño final para ser comprobado y validado.

1.5.1 Selección y empleo de métodos. Para asegurar un resultado exitoso en diseño se deben satisfacer las necesidades y deseos del usuario con el diseño final. Por lo tanto, los usuarios del producto fueron incluidos en todo el proceso, con el fin de obtener un producto utilizable y eficaz. En la Figura 2 se presentan los métodos seleccionados en cada fase de diseño mediante un proceso iterativo, definido como un proceso cerrado, en el que se pueden retomar etapas anteriores o adelantarse a etapas posteriores.

Figura 2. Métodos y técnicas aplicadas en las distintas fases de diseño



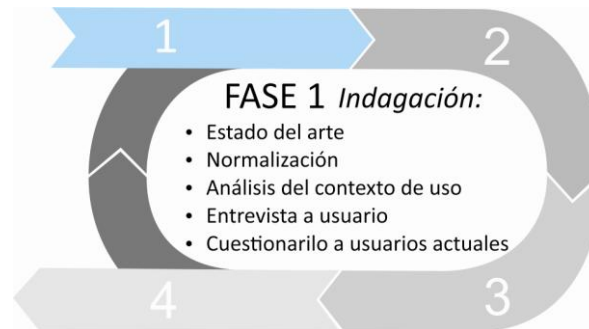
Durante la fase 1 se utilizan tres métodos. El método de análisis del contexto de uso, mediante el cual se obtiene la especificación y la descripción del contexto de uso del producto. También es utilizada la técnica de entrevista de usuarios, que permite obtener información mediante preguntas realizadas a usuarios oralmente, así mismo se obtiene información por medio de cuestionarios.

La fase 2 involucra el uso de la técnica llamada comparación sistemática de pares de requerimientos, utilizada con el fin de conocer la prioridad de los grupos de requerimientos (Función, uso, técnico-productivos, estructurales, formales y e identificación).

Por otro lado, es durante la fase 3 que se utiliza la mayor parte de técnicas y métodos. Entre éstas están, el brainstorming con la cual se plasman las primeras ideas de diseño. También está el card-sorting que permite la visualización y evaluación de las alternativas, con el fin de obtener sugerencias y aplicar mejoras al diseño. Otra técnica en esta fase es la realización de cuestionarios de interpretación, que ayuda a conocer si los colores o símbolos utilizados para distinguir partes o suministros del sistema son comprensibles. Adicionalmente, se realizan evaluaciones que permiten la comprobación del diseño.

Finalmente, la fase 4 involucra la técnica de evaluación heurística, por la cual se obtiene el grado en el que el diseño cumple con los principios de usabilidad. Y el cuestionario de satisfacción, mediante el cual se comprueba el grado de satisfacción del usuario hacia el producto. Los métodos y técnicas mostrados en la Figura 2 fueron aplicadas para el desarrollo del proyecto y están reflejados en los capítulos posteriores.

2. FASE 1 INDAGACIÓN



Para el desarrollo del proyecto fue indispensable tener una comprensión clara del contexto en el cual los usuarios utilizaran el producto. Por ese motivo, fue necesario especificar sus necesidades y requisitos. Esta especificación fue realizada teniendo en cuenta los conceptos, el estado actual de productos usados en Bucaramanga, las opciones disponibles en el mercado, además de los aspectos técnicos y normativos relacionados con el producto. Esta información, fue obtenida por dos mecanismos; por una parte, usando estudios directos, como fueron las encuestas, estudios de campo y entrevistas, y por otra parte, a través del estudio y análisis de la literatura, conformada por libros académicos sobre conceptos de diseño, además de normas y estándares sobre el producto que se desarrolló. La indagación sobre los usuarios y su ambiente proporcionó información básica sobre la cual basar las decisiones de diseño.

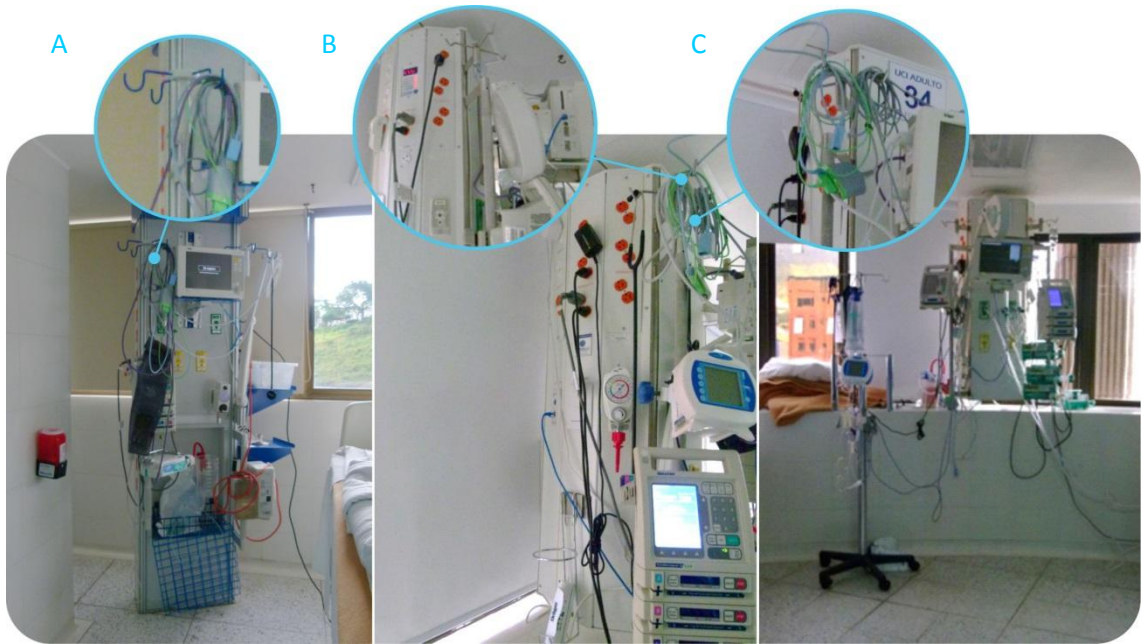
El propósito de esta etapa fue recolectar información detallada sobre el usuario, sus tareas y el entorno de uso, además de especificar los objetivos que se deberían cumplir, o sea, las necesidades del usuario en el contexto de uso. A partir de esto fue posible la especificación de los requisitos en la siguiente fase del proceso.

Los resultados de esta etapa son mostrados a continuación. Inicialmente se presenta el análisis del contexto de uso, producto de las visitas de campo realizadas a varias UCI de la ciudad de Bucaramanga y de entrevistas y cuestionarios hechos a los usuarios. Después, se muestra la descripción de los elementos y suministros de un módulo UCI. Posteriormente, es presentada la revisión de las unidades de suministro médico disponibles actualmente en el mercado. Por último son tratadas consideraciones básicas para la creación de sistemas de suministro médico, que contienen: la revisión de los aspectos normativos relacionados con las unidades de suministro médico; posibles materiales para la fabricación y el proceso de fabricación de la unidad de suministro; además de los factores humanos considerados en el diseño del sistema.

2.1 ANÁLISIS DEL CONTEXTO DE USO

2.1.1 Visita de campo a UCI de la FOSCAL y HUS. La visita de campo realizada a las UCI de adultos de la Clínica Fundación Oftalmológica Carlos Ardila Lülle (FOSCAL) y a una de las UCI de adultos del Hospital Universitario de Santander (HUS) permitió observar los sistemas de suministro utilizados actualmente. Las figuras 3 y 4 muestran el estado actual de las unidades de suministro médico usadas en las UCI visitadas. Estas figuras resaltan varios aspectos que fueron notorios. Un aspecto general fue que el área de trabajo del personal de enfermería y médico esta disminuida por el esparcimiento de elementos médicos y el desorden de cables y mangueras de rodean el piso, esto perturba el ambiente y dificulta la realización de las tareas.

Figura 3. Unidades de suministro de la FOSCAL



Ya en forma más específica, la Figura 3 muestra tres sistemas diferentes usados en la UCI de la FOSCAL visitada. El primero es una columna piso-techo rectangular, donde al atril porta líquidos se atribuye una función para la cual no fue diseñado (soporte de cables enrollados) (A), además se observa que la ubicación de las bandejas, dispuestas hacia la pared, no es apropiada dado que dificulta el alcance y colocación de elementos sobre ellas. En el segundo una columna octogonal piso techo muestra desorden en el cableado y en algunas columnas de este tipo de la UCI se observa que la altura de los atriles causa desuso de los mismos (B). El tercer tipo de sistema encontrado es una columna colgante, en la cual también se presenta que los atriles o ganchos porta-líquidos son poco utilizados para su fin ya que se ocupan con cables enrollados y situados con desorden (C), esto dificulta y causa confusión durante el enchufe y desenchufe de los dispositivos médicos.

Figura 4. Unidades de suministro del HUS



Por otro lado, la Figura 4 ilustra una unidad de suministro utilizada en la UCI del HUS. En este caso, el principal problema es la dispersión de los elementos requeridos en una habitación de un cubículo UCI. Además de éste, fueron ubicados cinco problemas trascendentales. El primero (1) es que el tamaño del organizador excede las necesidades del cubículo, evidencia de esto es que el organizador está casi totalmente vacío. El segundo (2) es que el sobrante de los cables de los equipos es enrollado y ubicado en zonas que no fueron diseñadas para este fin. El tercero (3) es que los atriles están ubicados a una altura de difícil acceso, lo que hace necesario la inclusión de un atril móvil. El cuarto (4) es que algunas herramientas, por ejemplo el resucitador manual, son dispuestas en lugares que no fueron previstos para esto, sin embargo eso facilita el acceso a ellas. Por último, y no menos importante, el sistema o columna de suministro

médico está construido en madera (5), un material inadecuado dado su bajo grado de higiene y baja resistencia física.

2.1.2 Entrevistas y cuestionario a los usuarios. Se aplicaron dos cuestionarios y una entrevista, la técnica permitió la obtención de información detallada y fue la base del desarrollo de las fases de diseño posteriores. El contenido de la entrevista y los cuestionarios fue orientado por la guía *“Usability Context Analysis: A Practical Guide”*⁷.

Objetivo general

Conocer el contexto de uso para comprender las necesidades de los usuarios y facilitar la especificación de los requerimientos.

Objetivos específicos

Determinar al usuario y sus tareas para establecer la población a la que va dirigida el diseño y determinar las funciones del producto.

Analizar información complementaria para usarla al especificar los requisitos.

Reconocer las necesidades principales del usuario que debe suplir el producto.

Participantes

Participan 8 miembros del personal de enfermería UCI (Usuarios Primarios) y 5 miembros del personal de biomédica (Usuarios secundarios)

Formatos (ver Anexos B, C, D y E)

⁷THOMAS, Cathy y BEVAN, Nigel. *Usability Context Analysis: A practical guide*. Versión 4.04. Inglaterra: NPL Usability Services, 1996.

Resultados

El primer cuestionario indagó las características de los usuarios, sus tareas, el ambiente organizativo, técnico y físico en los que utilizaría el sistema. Éste fue aplicado al personal de enfermería de la UCI de HUS, la Figura 5 presenta una fotografía de personas que participaron en esta actividad.

Con este cuestionario se conoció que no se realizan capacitaciones sobre el uso del producto, pero se están implementando “guías rápidas” ubicadas en cada equipo que indican el uso y contienen información sobre el producto.

Figura 5. Registro fotográfico de la aplicación de cuestionario



También, se encontró que el producto es usado en un ambiente normalizado y estandarizado. La Figura 6 ilustra un esquema de la distribución del espacio en una sala UCI, ésta consta de cubículos ubicados alrededor de la central de enfermería, además de habitaciones individuales o dobles. El área destinada a la hospitalización de un paciente debe tener mínimo 15m², con un ancho de 4.50 m y una profundidad de 3.35 metros, donde se ubica la cama con sus columnas o sistemas de suministro que contienen los puntos de aprovisionamiento de gases y

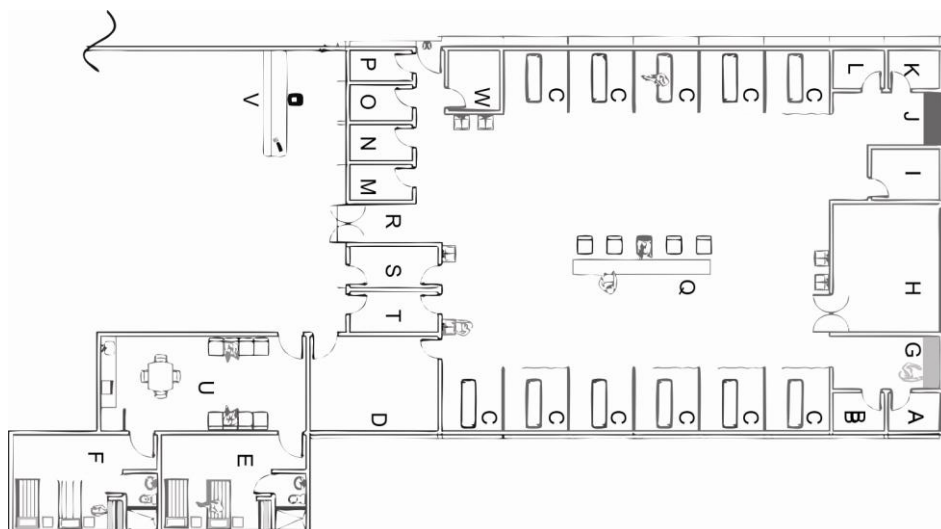
electricidad especiales. El cubículo contiene los equipos y mobiliario necesario para atender al paciente.

En cuanto a las tomas de gases, por cada cama, son necesarias dos (2) salidas de oxígeno, dos (2) salidas de aire comprimido y dos (2) salidas de vacío. Las repisas para equipos de monitoreo deben ser en un material liso y resistente, las cuales deben estar dispuestas de tal manera que no provoquen interferencia en el uso de los gases médicos, en el control visual, en el monitoreo o en el acceso al paciente. El cubículo debe estar provisto además, de un lavamanos, o en su defecto de uno por cada dos cubículos, contar con ventilación e iluminación natural, brindarle privacidad a través de los paneles divisorios y sistemas de cerramiento como cortinas.

La postura que adopta el usuario generalmente al usar el producto es la posición bípeda. El sistema de suministro médico usado actualmente es una columna UCI tipo piso-techo ubicada a un lado del cabecero de la cama del paciente o detrás de ésta. Generalmente, el usuario se ubica en la central de enfermería, pero se mantiene en constante movimiento hacia el cubículo del paciente para atenderlo y revisar la monitorización.

Respecto a la salud y a la seguridad existe el riesgo de inhalación de gases, descarga eléctrica y aprisionamiento con equipos. La ropa de protección y seguridad que el usuario requiere en el lugar de trabajo es una bata, un tapabocas, un par de guantes y un gorro.

Figura 6. Sala UCI con cubículos de hospitalización



- | | | |
|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| A. Lavado de equipos. | H. Sala de procedimientos. | O. Ropa sucia. |
| B. Trabajo sucio. | I. Depósito de equipos. | P. Residuos transitorios. |
| C. Cubículos. | J. Depósito de ropa limpia. | Q. Central y punto de atención. |
| D. Oficina de coordinación. | K. Depósito de material estéril. | R. Acceso pacientes. |
| E. Descanso médicos. | L. Trabajo Limpio. | S. Filtro visitantes. |
| F. Descanso enfermeras. | M. Lava patos. | |
| G. Depósito de medicamentos. | N. Aseo. | |

Fuente: Manual para el diseño de unidad de cuidados intensivos⁸

Por otro lado, la Figura 7 presenta una fotografía de las columnas de suministro de la UCI del HUS y en la Figura 8 se muestra la aplicación de la entrevista al usuario de la UCI del Hospital Universitario de Santander y la Tabla 1 contiene 18 inconvenientes identificados mediante la entrevista. En términos generales, se concluyó que, el mayor problema observado es la limitación del espacio disponible

⁸ TORRES, Belcy. Manual para el diseño de unidad de cuidados intensivos. Bogotá: Secretaría Distrital de Salud, 2010. p. 19

para el usuario en los cubículos, causado por la cantidad de elementos como atriles móviles, cajoneras, repisas y otros objetos distribuidos por el lugar, que dejan poco espacio libre para el trabajo. El espacio de trabajo es disminuido también por la ubicación inadecuada de las columnas de suministro médico tipo techo-piso de madera, que se encuentran actualmente en la UCI del hospital, las cuales presentan dos problemas críticos. El primero, es el suministro de energía eléctrica, ya que hay tomacorrientes que no están prestando su función. El segundo, es la posibilidad potencial de confusión al conectar mangueras o equipos a las tomas de gases medicinales, debido a que las tomas no utilizan los códigos de colores y los nombres que tienen en relieve son poco visibles (oxígeno, vacío y aire).

Figura 7. Columna piso-techo de madera implementada actualmente



Tabla 1. Resultados de la entrevista realizada al personal de enfermería UCI del HUS

Categorías	No.	Inconvenientes del sistema
Suministro de gases	1	La conexión de los dispositivos médicos a las tomas de gases usualmente es difícil debido a la disposición de las tomas (arriba de la cabeza del paciente) y al grado de desgaste de las mismas.
	2	La ubicación de la columna dificulta el desempeño de la atención UCI ya que se presenta el riesgo de lastimar al paciente al conectar dispositivos que necesitan de suministro de gas.
	3	El acabado de las tomas de gases, que permite la diferenciación por color de cada tipo de gas medicinal, no es resistente a la sustancia con la que se desinfecta y esteriliza el sistema, lo que causa desgaste rápido en las tomas y pérdida del color que identifica.
Suministro eléctrico	4	Tomacorrientes dañados, éstos no suministran electricidad, problema no solucionado por falta de mantenimiento.
Elementos de soporte y sujeción	5	Para renovar un contenedor de líquido medicinal es necesario retirar los contenedores que se dispusieron después y en el mismo servicio (rama) del porta líquidos que se quiere reemplazar.
	6	Falta un lugar diseñado para ubicar placas situar placas radiológicas y documentos del paciente.
	7	Dificultad en la colocación de líquidos medicinales en los porta líquidos debido a la altura en la que están dispuestos los atriles.
	8	Presencia de óxido en las barras de sujeción de bombas de infusión
	9	Ineficiencia de organizador sobredimensionado a las necesidades del cubículo.
	10	Afectación del orden y reducción del espacio de trabajo dado por la no integración de repisas, organizadores, atriles y otros elementos en un solo sistema.
	11	Deterioro notable de repisas, atriles y columna de suministro, debido al grado de resistencia de los materiales y del acabado de éstos elementos.
Columna y cubículo	12	El diseño de la columna no permite un acomodamiento claro y efectivo de los dispositivos y equipos médicos necesarios alrededor del paciente.
	13	Dificultad en la limpieza de la columna y acumulación de suciedad.
	14	Volumen innecesario de la columna.

Tabla 1. (Continuación) Resultados de la entrevista realizada al personal de enfermería UCI del HUS

Categorías	No.	Inconvenientes del sistema
Columna y cubículo	15	Riesgo de humedad en la columna y tomacorrientes debido a la ubicación de algunas ramas o ganchos porta líquidos.
	16	Dificultad en el mantenimiento del sistema debido a la ubicación de la columna, lo que limita el acceso al interior de la misma.
	17	El material (madera) implementado en la construcción además de ser inadecuado normativamente, no alcanza los niveles de resistencia mecánica e higiene necesarias para un sistema de suministro médico.
	18	Carencia en la identificación del sistema de cableado eléctrico para sortear la ocurrencia de errores.

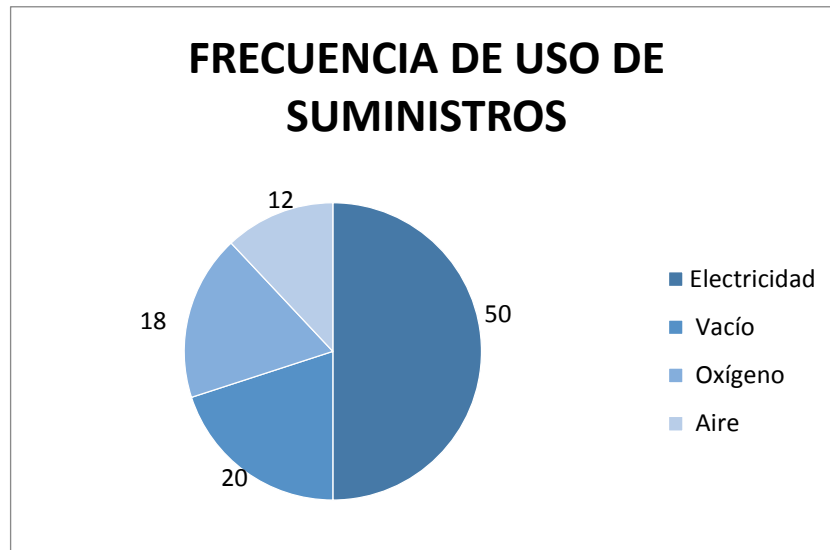
Figura 8. Registro fotográfico de la aplicación de la entrevista



Adicionalmente fue realizado al usuario un segundo cuestionario con el objetivo establecer características del sistema de suministro que ayudaran a suplir las necesidades del usuario. Los resultados de este cuestionario son presentados a continuación.

Frecuencia de uso de los suministros. El Gráfico 2, muestra la relación de la frecuencia de uso de los elementos de suministro. El suministro más usado es la electricidad, entre los gases medicinales el más usado es el vacío, luego el oxígeno y por último el aire.

Gráfico 2. Frecuencia de uso de suministros



Elementos utilizados en una habitación de cuidados intensivos. Son utilizados los siguientes elementos: Atriles flotantes y móviles, organizador, insumos, linternas, tomacorrientes, tomas de gases medicinales, equipo órganos, linternas, bombas de infusión, monitor paramétrico, ventilador pulmonar, resucitador manual y equipo de perfusión.

La Tabla 2 registra los suministros requeridos para el funcionamiento de los equipos médicos, igualmente se muestra la cantidad de equipos que son usados en la atención de un paciente.

Tabla 2. Equipos y suministros de un cubículo UCI

Ctdad.	Equipo	Gases medicinales			Electricidad
		Oxígeno	Aire	Vacío	
1	Monitor				X
1	Cama eléctrica				X
1	Ventilador	X	X		X
Máx.23	Bombas de infusión				X
4	Equipo de perfusión			X	X

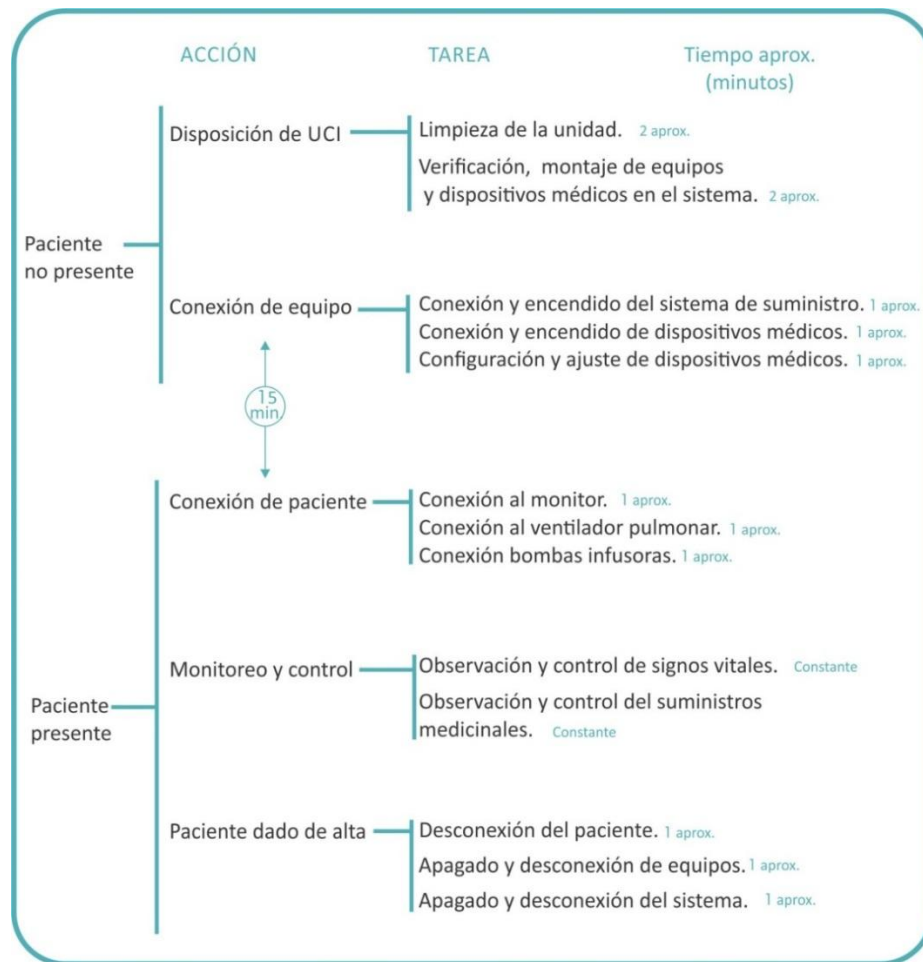
2.1.3 Especificación del contexto de uso. El ambiente en el cual se usa la unidad de suministro médico es un entorno dinámico en el que el usuario debe estar concentrado, evitar distracciones causadas por la prisa al organizar la habitación y al disponer lo necesario para la atención inmediata al paciente. Dado que las habitaciones UCI tienen una considerable cantidad y diversidad de dispositivos médicos, la unidad de suministro debe ser muy simple y debe evitar que el usuario realice pasos innecesarios al hacer las tareas. El sistema debe ocupar poco espacio para que el área de trabajo libre sea suficiente y adecuada para el desenvolvimiento eficaz en una UCI.

La unidad de suministro es manipulada por personal de enfermería y medicina, capacitado para el manejo tanto del sistema de suministro como de los dispositivos ubicados en él. Al igual que su entorno, la unidad de suministro debe mantenerse aséptica, por lo tanto es indispensable la facilidad de limpieza.

Interacción del usuario con un sistema de suministro médico. El usuario utiliza el sistema de suministro médico desde antes de la llegada del paciente, dado que necesita disponer la habitación con los suministros que requerirá el aquejado que será intervenido. La Figura 9 muestra las acciones y tareas del usuario tanto antes como después de la llegada del paciente. El tiempo de ejecución de las tareas es generalmente corto, máximo 2 min. Por otro lado, el intervalo de tiempo entre el cambio de estado de “ausencia a presencia del

paciente” es mayor, aproximadamente 15 min. El ajuste y control de los dispositivos médicos junto con la monitorización del paciente, son tareas constantes desde la llegada del paciente hasta su partida.

Figura 9. Actividades del usuario



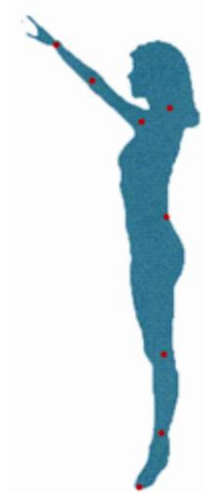
Disposición de UCI (Figura 10). Antes de la llegada del paciente las unidades de suministro deben estar dispuestas para ser usadas. Al iniciar el uso del sistema, el personal de enfermería verifica si está en buenas condiciones de higiene y verifica el suministro de equipos, dispositivos y medicinas. En esta tarea el usuario está en posición bípeda, en algunas ocasiones con el cuerpo un poco flexionado, pero sin comprometer su salud. Una de las situaciones observadas es que las partes de la

unidad de suministro, que son removibles fácilmente, se pierden o no son ubicadas en el lugar al que corresponden, un ejemplo de esto son los atriles para suero y las canastillas situadas en el piso o extraviadas en algunas unidades. El usuario adopta posición inadecuada para alcanzar los atriles porta líquidos que se ubican en un nivel superior, esta posición es plasmada en la Figura 11, en la cual los puntos rojos indican los lugares que presentan esfuerzos críticos al intentar conseguir un objeto ubicado a una altura (210 cm) de difícil alcance.

Figura 10. Disposición de suministros



Figura 11. Altura que excede el alcance máximo vertical



Conexión de equipo (Figura 12).

Antes de proceder a encender los equipos que se encuentran en la unidad de suministro, el usuario se asegura de que la unidad esté enchufada y encendida. Al realizar las actividades para esta tarea, varias veces el usuario toma una posición inadecuada al agacharse sin doblar las rodillas y doblando el torso para recoger el enchufe que se encuentra en el piso, ésta posición se puede ver en la Figura 13.

Figura 12. Conexión de equipo

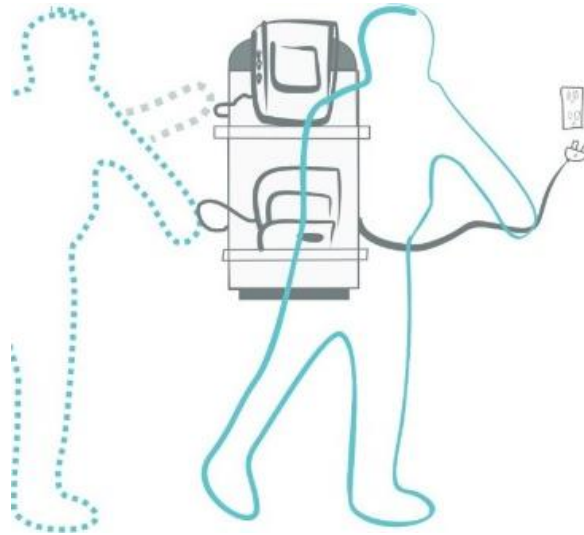
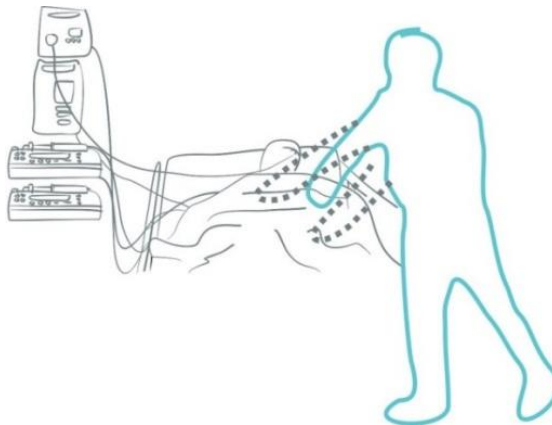


Figura 13. Forma incorrecta de flexionarse



Conexión del paciente (Figura 14). En esta acción se conectan los cables del monitor a los electrodos que están en el paciente, se conectan las mangueras de líquidos medicinales a los catéteres colocados al paciente y se conectan las máscaras de oxígeno u otros elementos de salida de gases medicinales al paciente.

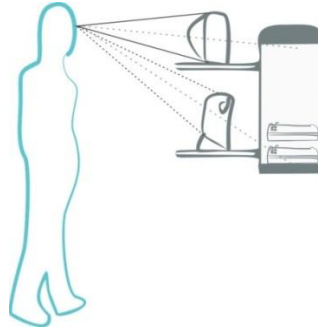
Figura 14. Conexión del paciente



Monitoreo y control (Figura 15). Esta acción busca la estabilización del paciente mediante la vigilancia y revisión constante. En esta actividad, se ajustan constantemente los parámetros o datos del monitor, ventilador, bombas de infusión y otros dispositivos, además, se revisa la cantidad de los líquidos medicinales y se proporcionan nuevos si es necesario. Para el monitoreo y observación de signos vitales usualmente el usuario observa el monitor y las pantallas a distancia (aproximadamente 0,5 a 3 metros). Sin embargo, esta actividad implica una interacción directa con el sistema de suministro, ya que algunas veces el usuario se acerca al sistema de suministro para controlar algún dispositivo directamente; estas acciones son iterativas, constantes y el usuario las realiza en posición erguida. Una de las ventajas del proceso de monitoreo actual es que desde la central de la UCI, por medio de red computacional, el usuario puede observar los datos que indican el estado del paciente sin necesidad de

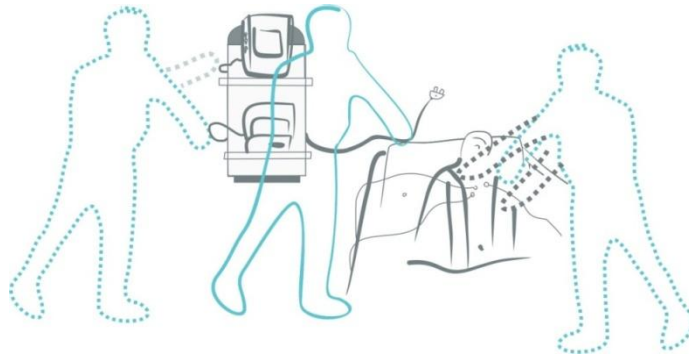
levantarse del asiento; así que la interacción con los equipos de monitoreo y control ubicados en el sistema de suministro es indirecta y mínima.

Figura 15. Monitoreo y control



Paciente dado de alta (Figura 16). Para esta actividad, el usuario tiene que desconectar al paciente de mangueras y cables, quitar máscaras, catéteres y electrodos; de igual manera desconecta de los dispositivos las mangueras, quita del sistema bolsas de líquidos medicinales para su posterior desecho. Luego de esto apaga y desconecta equipos y dispositivos integrados en el sistema y por último desenchufa la unidad de suministro. Las tareas se realizan de pie y alrededor del paciente.

Figura 16. Paciente dado de alta



2.2 CONCEPTOS Y DEFINICIONES⁹

A continuación se presentan los conceptos referentes al proyecto.

Compartimiento: parte de un recinto con aberturas necesarias para el control, la interconexión o la ventilación.

Recinto: espacio construido dentro de ciertos límites para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con partes activas. Espacio alejado de determinadas condiciones ambientales. Un recinto puede subdividirse en compartimientos.





Punto de unión: punto de conexión entre la unidad de suministro médico y un sistema ya instalado (ej.: cielo raso y unidad de suministro médico).


Gases medicinales: cualquier gas o mezcla de gases destinados a ser administrados a pacientes con fines terapéuticos, de diagnóstico, propósitos profilácticos o para accionar herramientas quirúrgicas.

Unidad de suministro médico: equipo destinado a suministrar energía eléctrica, gases médicos y / o líquidos y/o gas anestésico. Las unidades de suministro pueden incluir equipos médicos eléctricos, sistemas médicos eléctricos o partes de los mismos. También puede consistir de secciones modulares de alimentación eléctrica, iluminación, comunicación, suministro de gases medicinales y líquidos. Algunos ejemplos típicos de unidades de suministros médicos son los cabeceros, colgantes de techo, columnas, brazos o pilares.

⁹ *BRITISH STANDARDS (BSI). Medical Supply Units. BSN EN ISO 11197. Bruselas: CEN, 2009. p.2.*

2.2.1 Elementos y suministros de una habitación o módulo UCI.

<p>Monitor multiparamétrico: es un dispositivo que puede monitorear los latidos cardiacos, la respiración, la frecuencia, la presión arterial y los niveles de oxígeno, entre otros. Se encuentra uno en cada cubículo.</p>	<p>Figura 17. Monitor multiparamétrico</p>  <p>Fuente: http://www.medicalexpo.es</p>
<p>Cama móvil: dispuesta para el alojamiento del paciente internado proporcionándole comodidad y confort.</p>	<p>Figura 18. Cama móvil</p>  <p>Fuente: http://chinathr.en.made-in-china.com</p>
<p>Contenedores de residuos: son recipientes en los que se clasifican los residuos. En cada módulo hay por lo menos dos recipientes.</p>	<p>Figura 19. Contenedores de residuos</p>  <p>Fuente: http://residuostoxicos-mml.blogspot.com</p>
<p>Bombas de infusión: facilitan la administración intravenosa, subcutánea, intraperitoneal e intrarraquídea de drogas y soluciones, son precisas y suministran constantemente controlando el ritmo y la cantidad de fluido administrado.</p>	<p>Figura 20. Bombas de infusión</p>  <p>Fuete: http://www.clinicalar.com</p>

<p>Ventilador mecánico: brinda asistencia respiratoria al paciente que no puede respirar por su propia cuenta.</p>	<p>Figura 21. Ventilador mecánico</p>  <p>Fuente: www.draeger.ca</p>
---	--

Elementos integrados en el sistema de suministro:

Aire: el sistema tiene dos tomas identificadas con color amarillo, el aire es usado para la asistencia respiratoria, incubadoras y oxigenoterapia.

Oxígeno: se encuentran dos tomas identificadas con color verde, el oxígeno es usado para reanimación (resucitación), anestesia, creación de atmósferas artificiales, tratamiento de quemaduras, terapia hiperbárica y tratamiento de hipoxias.

Vacío: sus dos tomas identificadas con color gris permiten la limpieza de vías respiratorias, drenajes generales de sangre y secreciones, limpieza de heridas en cirugía y limpieza del campo de trabajo en quirófano.

Toma eléctrica regulada: permite la conexión de equipos médicos con la seguridad de un servicio continuo y sin interferencias eléctricas; se identifican con el color naranja y suman ocho tomas dobles.

Toma eléctrica no regulada: posibilita la adición de equipos o dispositivos en los cuales las variaciones de voltaje no son críticas.

Toma eléctrica de 220V: se usa para conectar equipos que necesitan 220v de potencia.

Toma de datos RJ45: permiten conexión a la central de la UCI para la transmisión de datos.

Bandeja para monitor y ventilador mecánico: Soportes para el monitor y el ventilador mecánico.

Rieles de soporte para bombas de infusión y otros dispositivos: son barras en las que se ajustan y disponen las bombas y otros dispositivos con mecanismo de agarre.

Atriles o ganchos porta líquidos: Usualmente se usa para colgar las bolsas de suero u otros líquidos medicinales.

Canastilla: es un contenedor donde se ubican ambú u otros materiales que requiere el paciente, la canastilla permite fácil visibilidad su contenido.

2.2.2 Conceptos de diseño. Durante el proceso de diseño para conseguir un buen resultado se consideraron términos primordiales de diseño como: sección aurea, proporción, armonía, simetría, equilibrio y contraste.

Proporción: “La proporción se refiere a la justa y armoniosa relación de una parte con otras o con el todo. Esta relación puede ser no solo de magnitud, si no de cantidad o también de grado.

El propósito de todas las teorías de proporción es crear un sentido de orden entre los elementos de una construcción visual. Fundamentalmente cualquier sistema de proporcionalidad es, por consiguiente, una razón característica, una cualidad permanente que se trasmite de una razón a otra. Así pues, un sistema de proporcionalidad establece un conjunto fijo de relaciones visuales entre las partes de un edificio, y entre estas y el todo. Aunque estas relaciones no se perciben de

inmediato por el observador fortuito, el orden visual que generan puede sentirse, asumirse o, incluso, reconocerlo a través de una experiencia reiterada. Transcurrido un periodo de tiempo seremos capaces de ver el todo en la parte y la parte en el todo.

Los sistemas de proporcionalidad van más allá de los determinantes funcionales y tecnológicos de la forma y del espacio arquitectónico, para proporcionar una base racionalmente estética de su dimensionado. Tienen el poder de unificar visualmente la multiplicidad de elementos que entran en el diseño arquitectónico, logrando que todas las partes pertenezcan a la misma familia de proporciones. Introducen un sentido del orden y aumentan la continuidad en una secuencia espacial y, además, son capaces de determinar unas relaciones entre los elementos externos e internos de un edificio”.¹⁰

Sección aurea: “La sección áurea es la división armónica de un segmento en media y extrema razón. Es decir, que el segmento menor es al segmento mayor, como este es a la totalidad. De esta manera se establece una relación de tamaños con la misma proporcionalidad entre el todo, el mayor y el menor”.¹¹

Armonía: Es la unión de partes de forma proporcionada que resultan integradas en una única combinación.

Equilibrio: El equilibrio se consigue a través de la división del espacio. Todos los pesos deberán estar compensados para obtener el equilibrio ideal.

¹⁰ Fundamentos del diseño. [En línea]. [Consultado el 17 de mayo de 2013]. Disponible en: <<http://jossmed.blogspot.com/2011/05/proporcion.html>

¹¹ La sección aurea. [En línea]. [Consultado el 17 de mayo de 2013]. Disponible en: <<http://simetria.dim.uchile.cl/matematico/nodo612.html>>

2.2.3 Conceptos de Color. Los objetivos de la aplicación del color en el diseño del sistema son: aumentar la funcionalidad, hacer que el dispositivo sea más fácil e intuitivo de usar, estimular la respuesta emocional deseada en el paciente y / o el usuario, reforzar el reconocimiento de marca de la compañía, además de, crear armonía y balance en el diseño. Por medio del color se puede lograr la unificación extrema de un producto o por el contrario la diferenciación entre sus partes hasta el punto de desaparecer la unidad del objeto. La aplicación cromática aporta orden de lectura en el sistema de suministro, en la jerarquía de nuestro sistema visual, lo primero que llama la atención es el contraste, por lo que se consideran 3 roles de los colores: dominante, secundario y acento. El dominante es aquel color que cubre casi por completo el sistema, el secundario es la compañía del color dominante y es escogido por características del material, por último el acento es el color que llama la atención por el contraste que presenta con el dominante. Dada la diversidad de las partes o suministros integrados que contienen diferentes colores, se busca la aplicación de colores que no afecten la unificación y la armonía pero que produjeran sensaciones positivas en las personas que perciben el producto.

Con la percepción del color pasa algo parecido a lo sucedido con el concepto estética, es un concepto subjetivo, cada persona capta algo diferente a las demás de un mismo objeto, en este caso de un mismo color, Josef Albers¹² explicó que debido a que el color es percibido de manera diferente por cada uno de nosotros, la verdadera definición de color puede no ser alcanzada. Cuando recordamos colores en el ojo de la mente, cada persona imagina la sensación un poco diferente, y ninguna persona experimenta precisamente el mismo color. Con lo anterior la psicología del color se enmarca por subjetividades similares o percepciones frecuentes entre diferentes personas y la subjetividad de la percepción visual queda expuesta. En el diseño dirigido a un contexto hospitalario, el color dominante debe ser blanco o tener gran porcentaje de este

¹² ALBERS, Josef. *Interaction of colors*. Estados Unidos: Yale University Press, 2006.

color para mantener coherencia con el ambiente y posibilitar facilidad en la limpieza al permitir la efectiva observación de la suciedad. Con el fin de lograr armonía se usa el contraste de calidad, con el cual se designa la posición entre un color saturado y con luminosidad y un color apagado y sin brillo.

2.3 UNIDADES DE SUMINISTRO MEDICO DISPONIBLES ACTUALMENTE EN EL MERCADO

Los productos desarrollados sobre sistemas que integran el suministro y equipamiento médico que están en el mercado constituyen información importante para la investigación. Al identificar el estado del arte de los sistemas de suministro se reconocen las falencias que presentan, lo que puede seguir siendo utilizado y aquellas nuevas funciones o características que pueden ser implementadas. En el mercado se encuentran productos de empresas biomédicas reconocidas internacionalmente, el estudio de éstas permite afirmar el punto de partida para el desarrollo del proyecto y especificar la superioridad del producto proyectado frente a los productos existentes.

Equipos de suministro medico a nivel mundial

Se encuentran en el mercado productos relacionados con el suministro médico, en su mayoría provenientes de Estados Unidos, China, Japón, Alemania y Suecia, en general de países desarrollados. Estos productos integran el equipamiento y suministros medicinales necesarios para la atención hospitalaria o clínica de pacientes en UCI y urgencias. Dado el desarrollo tecnológico, algunas unidades de suministro también contienen características que aumentan el confort de los pacientes, un ejemplo de esto es Takpende 23000¹³, de la empresa sueca FAGERHULT, que incorpora baffles y la opción de adecuar dispositivos de multimedia en el sistema; así la solución ubica al paciente entre el grupo de

¹³ FAGERHULT. Takpende 23000. [En línea]. [Consultado el 20 de Diciembre de 2012]. Disponible en: <<http://www.fagerhult.se>>

usuarios directos, cuando antes era un usuario terciario o indirecto, ya que éste no interactuaba con el producto. Se evidencia entonces que este tipo de productos pueden llegar a obtenerse por el comprador, no sólo por una necesidad básica y de apoyo de la salud, sino también por el deseo y la diversión que pueda tener el paciente; así el producto no se dirige solo a un usuario perteneciente al personal de enfermería o médico, sino a un “sujeto gustador¹⁴” (paciente).

El dimensionamiento y diseño actual está dirigido a personas del país de proveniencia del producto, por lo tanto los diseños aplican parámetros antropológicos mayores a los de los usuarios a los que se dirige el proyecto actual, que son usuarios colombianos mayoritariamente mujeres miembros del personal hospitalario; se demuestra entonces la falta de soluciones dirigidas a personas de la población que estudia esta investigación.

Sistemas de suministro médico en Latinoamérica

Se encuentran columnas suspendidas, columnas piso-techo y paneles de cabecera, éstos son desarrollados por empresas latinoamericanas que se preocupan por mejorar el servicio hospitalario y la estadía del paciente. Los sistemas presentan diversidad de configuraciones que dependen de las necesidades de cada una de las entidades o lugares a los que va dirigido, así mismo se adaptan al área de atención del paciente.

Latinoamérica a pesar de su emergencia muestra participación activa en el mercado de soluciones biomédicas, un ejemplo de esto es Argimed¹⁵, empresa mexicana dedicada a la fabricación de sistemas y equipos para distribución y control de gases medicinales en clínicas y hospitales; las soluciones que brinda pueden adaptarse a las necesidades y especificaciones del cliente mediante la

¹⁴ BLANCO, Ricardo. Notas sobre el diseño industrial. Un nuevo personaje en el diseño: usuario, consumidor y su alter ego. Buenos Aires: Nobuko, 2007. p.71.

¹⁵ ARGIMED. [En línea]. [Consultado el 21 de febrero de 2013]. Disponible en: <<http://www.arigmed.com/bienvenidos-a-arigmed.html>>

colocación de elementos y suministros que el cliente requiere, esto lo realizan con consolas y paneles a las que pueden reducir o ampliar el número de troqueles para ajustar tomas de gases o eléctricas, también integran el número requerido de repisas, cajoneras o porta líquidos. Sin embargo, esta integración de elementos en un solo sistema puede romper la coherencia y armonía de una unidad de suministro médico, ya que sus elementos parecen ubicarse arbitrariamente, además el grado de control que tiene el usuario limita el ajuste de la posición de los elementos.

Las soluciones presentadas muestran limitaciones al momento de enfrentarse a las variadas necesidades de cada área hospitalaria a la que se dirige, estas limitaciones pueden ser solucionadas por la modularidad, dado que de esta forma el cliente tiene la posibilidad de configurar el sistema que necesita.

En los últimos años países como Colombia, Ecuador, Honduras, México, Venezuela, Argentina y Brasil han mostrado un grado alto de interés en el desarrollo de soluciones biomédicas que compitan a nivel mundial centradas en el usuario, en el entorno y en los factores que son determinantes en la optimización de la atención hospitalaria y médica. Ejemplos de empresas latinoamericanas son Enterprise-Med¹⁶, OXIGEAR¹⁷, IMPROMED¹⁸ e INDURA¹⁹.

¹⁶ INTERPRISE-MED. [En línea]. [Consultado el 21 de febrero de 2013]. Disponible en: <<http://www.enterprise-med.com.ar/>>

¹⁷ OXIGEAR. [En línea]. [Consultado el 21 de febrero de 2013]. Disponible en: <<http://www.oxygear.com.ar/>>

¹⁸ IMPROMED. [En línea]. [Consultado el 21 de febrero de 2013]. Disponible en: <<http://www.impromed.com.mx/>>

¹⁹ INDURA. [En línea]. [Consultado el 21 de febrero de 2013]. Disponible en: <<http://www.indura.net/>>

Equipos de suministro medico a nivel nacional

Assint Ingeniería S.A.S²⁰ se encarga de diseñar e instalar sistemas de gases medicinales en clínicas y hospitales. La empresa divide los sistemas en tres grupos: columnas para UCI, columnas para quirófano y cabecero para hospitalización.

Las columnas para UCI son tipo piso-techo, estáticas y voluminosas, además el espacio reducido en un cubículo UCI puede limitar el grado de movilidad de la columna y los elementos que integra. La columna para quirófano, presenta mayor libertad de movimiento al incluir brazos móviles y diferentes puntos de ajuste de ubicación, lo que está acorde a la dinámica y amplio espacio en una habitación de cirugía. El cabecero para hospitalización limita el movimiento de sus componentes ya que se instala fijo en la pared y limita el ajuste de la posición de sus elementos.

A pesar que Colombia presenta inclinación hacia la importación de equipos y soluciones biomédicas, es importante señalar el crecimiento de empresas colombianas que se preocupan por desarrollar soluciones de hardware, software e instalación hospitalaria confiables y competitivas. Ejemplos de empresas son Equimed²¹, Trilab Ingeniería²² e Indugraft²³.

²⁰ ASSINT INGENIERÍA S.A.S. [En línea]. [Consultado el 21 de febrero de 2013]. Disponible en: < <http://www.assistingenieria.com/home.html>>

²¹ EQUIMED. [En línea]. [Consultado el 21 de febrero de 2013]. Disponible en: < <http://www.equimedics.blogspot.com/2011/08/alarma-para-gases-medicinales.html>>

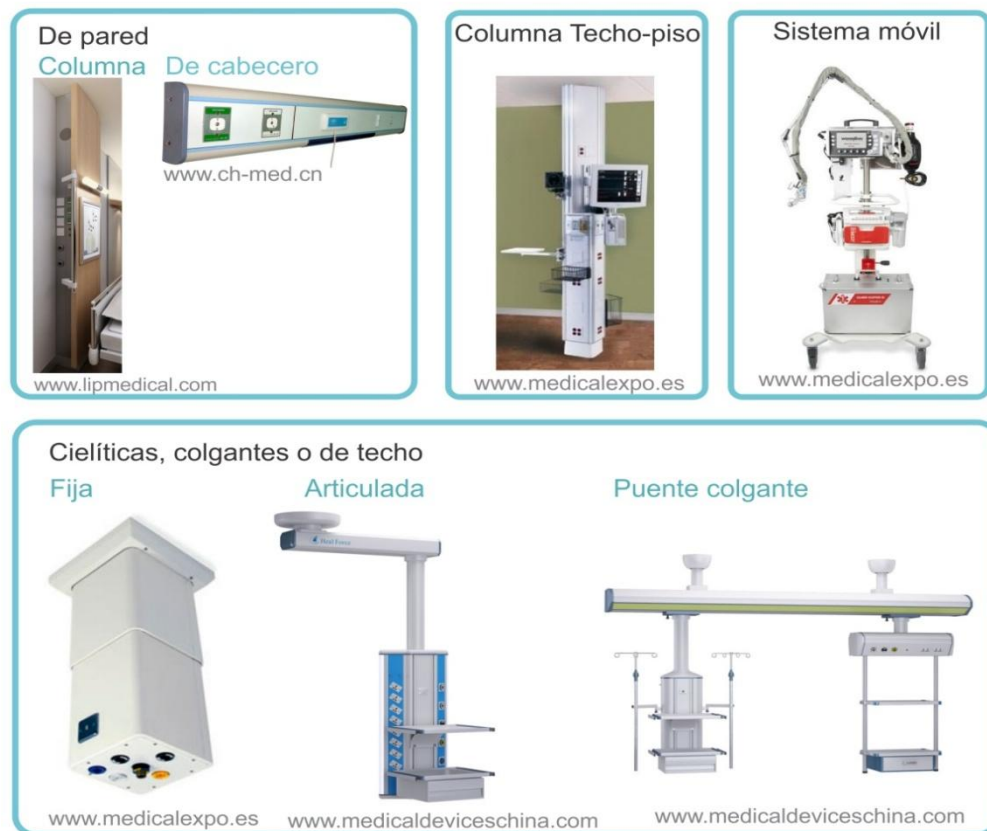
²² TRILAB INGENIERÍA. [Consultado el 21 de febrero de 2013]. Disponible en: < <http://www.trilabingenieria.com.co/about.html>>

²³ INDUGRAFT. [Consultado el 21 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://www.indugraft.com/sitioweb/>>

Tipos de unidades de suministro médico

En la Figura 16 se muestran 4 tipos de unidades o sistemas de suministro médico que existen actualmente en el mercado. El primer tipo es el tipo de pared, los cuales son instalados en la pared, éstos pueden estar dispuestos verticalmente (columna) u horizontalmente (cabeceros). El segundo tipo es de tipo techo-piso, caracterizada por instalarse desde el techo hasta el piso. El tercero, son los de tipo móvil, éste tipo es de baja altura y se apoya en el piso sobre ruedas que permiten su movilidad. Por último están las de tipo colgante o de techo caracterizado por estar instaladas o colgadas en el techo; son subdivididas en unidades fijas, articuladas o de puente colgante.

Figura 22. Tipos de unidades de suministro médico



Desde las Figuras 23 a la 29 se muestran 7 unidades de suministro médico disponibles actualmente en el mercado.

Figura 23. Colgante médico KL-T.IIA



Fuente: <http://yzkeling.en.alibaba.com>

Es una columna colgante, los equipos médicos pueden colocarse sobre la bandeja o las barras laterales.

Fabricante: Keling

Lugar de origen: Shangai, China

Material: Aleación de aluminio

Modo de fabricación: Moldeo por extrusión

Especificaciones técnicas:

- Función de rotación horizontal
- Freno neumático
- Una salidas de aire, de oxígeno y vacío
- Cuatro tomacorrientes
- Una toma de red

Precio: US\$ 1,500 – 4,750

Ventajas:

- Múltiples posiciones de la unidad.
- Movilidad horizontal de los equipos ubicados en las barras laterales.
- Aspecto formal-estético.

Desventajas:

- Ubicación del panel de suministro de gases (parte posterior de la unidad).
- Posición incambiable de la bandeja.

Es un sistema robusto y voluminoso.

Figura 24. Colgante médico con funcionamiento motorizado T.IA

 <p data-bbox="381 808 544 829">Note: This part is optional</p> <p data-bbox="422 924 795 955">Fuente: http://www.alibaba.com</p>	<p>Fabricante: Keling</p> <p>Lugar de origen: Shangai, China</p> <p>Material: Aleación de aluminio</p> <p>Modo de fabricación: Moldeo por extrusión</p> <p>Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">● Sistema motorizado● Movimiento vertical▪ Función de rotación horizontal▪ Freno neumático▪ Una salidas de aire, una de oxígeno y una de vacío▪ Cuatro tomacorrientes▪ Una toma de red <p>Precio: US\$ 1,500 – 3,450</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">● Versatilidad de movimiento horizontal y vertical del sistema.● Ocupa poco espacio.● Aspecto formal-estético. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">● Lugares escasos para ubicar equipos médicos. <p>Ubicación trasera del panel de gases.</p>
---	--

Figura 25. Unidad multifuncional de suministro médico para UCI

 <p data-bbox="422 1543 795 1575">Fuente: http://www.alibaba.com</p>	<p>Fabricante: Ningbo Jianzhikang Medica Equipment Co., Ltda</p> <p>Lugar de origen: Hangzhou, China</p> <p>Material: Aleación de aluminio de alta resistencia</p> <p>Acabado: Acabado en polvo antibacteriano</p> <p>Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de carga máxima 150 kg• Libertad de movimiento horizontal 340°• Tres bandejas para equipo médico• Sistema de freno de amortiguación• 1 rejilla para bombas de infusión (opcional)• 1 puerto telefónico RJ15• 1 puerto de internet RJ45• 1 interruptor para encendido• Salidas de gases medicinales: 2 de oxígeno, 1 de vacío y 1 de aire• 10 Tomacorrientes <p>Precio: US\$ 1,000 – 3,500</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de carga.• Ocupa poco espacio.• Carga visual.• Aspecto formal-estético. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Ubicación de las salidas de gases medicinales. <p>Número de lugares para ubicar equipo médico.</p>
---	--

Figura 26. Unidad de suministro de techo OR

 <p>Fuente: http://www.medicaldeviceschina.com</p>	<p>Fabricante: HealForce Lugar de origen: China Material: Aleación de aluminio de alta resistencia Acabado: Acabado en polvo antibacteriano Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Longitud del brazo: 600mm• Capacidad de carga brazo simple: 300 kg.• Capacidad de carga brazo doble: 150 kg.• Capacidad de carga de los estantes: 50 kg• Rango giratorio en cada junta: 0 – 330° <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Movilidad de las repisas y el cajón.• Posición de las salidas de gases y los tomacorrientes.• Libertad de movimiento horizontal. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Dificultad de limpieza en la base de las bandejas ya que se percibe un agujero.• La pantalla para la configuración de la posición puede ser tapada por algún monitor que se ubique en la primera repisa.
---	--

Figura 27. Unidad de suministro de techo INDEPENDANT 401



Fuente: <http://www.medicalexpo.com>

Independant401 tiene un sistema de frenos electromagnético resistente al desgaste y proporciona iluminación para la retroalimentación visual si el freno se ha liberado en alguna de las uniones.

Fabricante: KLS Martin

Lugar de origen: Tuttlingen, Alemania

Material: Aleación de aluminio de alta resistencia

Acabado: Acabado en polvo antibacteriano

Especificaciones técnicas:

- Frenos E-Brake
- Sistema MediSound
- Capacidad de carga máxima: 640 kg.

Ventajas:

- Alta tecnología de frenos electromagnéticos.
- Sistema de sonido.
- La organización de las tomas otorga organización al cableado.
- Posicionamiento flexible y aprovechamiento del espacio.
- Diseño modular.

Desventajas:

- Dificultad de limpieza en la base de las bandejas ya que se percibe un agujero.
- La pantalla para la configuración de la posición puede ser tapada por algún monitor que se ubique en la primera repisa.
- Aunque no se encontró el costo, debe ser muy alto debido a la tecnología que implementa.

Figura 28. Sistema de suministro médico de pared horizontal CROWN

 <p>Fuente: http://www.medimax.com</p> <p>Crown es un sistema de cuidados intensivos para lesiones graves que va equipado con suministro eléctrico, oxígeno médico, vacío médico, luz de lectura personal, timbre de enfermería en un panel para poder tratar eficazmente a los pacientes. El sistema se fija e instala en la pared.</p>	<p>Fabricante: Medimax Lugar de origen: Seoul, Corea del Sur</p> <p>Construcción:</p> <ul style="list-style-type: none">• Marco principal: perfil de aluminio con acabado anodizado• Panel: perfil de aluminio con pintura al horno• Cubierta: perfil de aluminio con pintura al horno <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Posicionamiento rígido y fijo• No estético• Malgasto del espacio ya que para ubicar equipo médico eléctrico se necesitará de otros muebles o sistemas.• Alcance de suministros más difícil que en las unidades de techo.
---	--

Figura 29. Sistema portador ICS 3

	<p>Fabricante: Provita Medical</p> <p>Lugar de origen: Alemania</p> <p>Material: Acero inoxidable</p> <p>Especificaciones técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de carga máxima: 5 kg. Por gancho• Capacidad de carga máxima de todo el sistema: 40 kg.• Peso: Aprox. 15 kg.• Angulo de giro: 320° <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">• El poco espacio ocupado brinda mayor libertad de movimiento cerca del paciente.• Minimalismo.• Posicionamiento flexible.• Fácil limpieza.• Fácil comprensión de uso. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Capacidad de carga menor al de los productos anteriores.• No suministra gas.
--	---

Fuente: <http://www.medimax.com>

2.4 CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA LA CREACIÓN DE SISTEMAS DE SUMINISTRO MÉDICO

2.4.1 Aspectos normativos y disposiciones

NORMA ISO 11197: Unidades de Suministro Médico que aplica la norma IEC 60601.

Esta norma internacional proporciona los requisitos para las unidades de suministros médicos destinadas a ser usadas en centros de salud para proveer energía eléctrica, gases medicinales, líquidos y/o sistemas de reanimación. A continuación se presentan algunos requisitos que contiene esta norma.

- Debido a la posible complejidad de señalización exterior, los diagramas que indiquen todas las conexiones eléctricas y electrónicas de la unidad de suministro médico deben estar dentro del equipo.
- Los tomacorrientes para fines especiales (ej. Para equipos de rayos x), se deben marcar con una etiqueta (por ej. “rayos x”).
- Cuando una unidad de suministro médico tiene tomacorrientes esenciales (ej. Fuente de alimentación ininterrumpida UPS), estas tomacorrientes deben ser fácilmente identificadas.
- Si hay tomacorrientes en un mismo lugar y se suministran a partir de energías diferentes, cada fuente debe ser fácilmente identificable.
- El fabricante deberá indicarla vida útil esperada del equipo o sistema.








- Las unidades terminales para gases medicinales se marcarán de acuerdo con la norma nacional. Si se utilizan código de colores debe estar de acuerdo con la norma nacional.
- Señales y símbolos de seguridad: Los símbolos se utilizan con frecuencia con preferencia a palabras con la intención de obviar diferencias lingüísticas y permitir fácilmente la comprensión de una indicación, a veces en un espacio restringido. Los efectos de las señales y los símbolos, utilizados para transmitir una advertencia, prohibición o acción mitiga el riesgo que no es evidente para el operador.
- Medios de protección. El equipo debe disponer de medios de protección contra electricidad para evitar que las partes accesibles al operador lo lastimen. El barnizado, esmaltado y acabados similares no se considerará como medios de protección.
- Para una sola fase de corriente continua el voltaje de red máximo es el voltaje máximo de alimentación nominal, a menos que ésta sea inferior a 100V la tensión de red máxima debe ser de 250V.
- Se deben evitar peligros mecánicos como: aplastamiento, cizallamiento, cortada, enredo, atrapada, pinchada, partes expulsadas, alta presión, caídas, inestabilidad, impacto, desplazamiento, vibración y ruido.
- Zona de trampa (donde el usuario puede quedar atrapado): Una zona de trampa no es considerada un peligro mecánico si cumple con las especificaciones de la Tabla 3.

- Cuando las zonas de trampa sean accesibles para el usuario y éstas se produzcan por una parte móvil, el movimiento debe estar en el campo visual del usuario.
- Los elementos de protección como esquineros, deben estar sujetos firmemente y no deben poder ser desmontados sin el uso de una herramienta.
- Los resguardos móviles que se pueden abrir sin el uso de una herramienta deberán permanecer conectados al equipo cuando están abiertos.
- Las partes móviles no deben moverse indeseadamente mientras están al alcance de las personas.
- El operador debe poder desactivar el movimiento del equipo y sus partes.
- La velocidad de movimiento del equipo o de las partes no deben representar peligro para el usuario.
- Los controles deben ser colocados de tal modo, que estén protegidos por otros medios de modo que no puedan ser accionados accidentalmente, a menos que consideraciones ergonómicas dicten otro modo (por ejemplo, necesidades especiales del paciente).
- Las superficies ásperas, las esquinas y bordes del equipo que podrían resultar en un riesgo inaceptable deben ser evitados o cubiertos. En particular, se deberá prestar atención a los rebordes o bordes y a la eliminación de rebabas.
- Los equipos u partes del equipo no deben perder el equilibrio (vuelco) o moverse inesperadamente ya que podrían suponer un riesgo para el usuario u otra persona.

- Si las partes del equipo, al ser transportados de una posición a otra presentan inestabilidad, deberán llevar una advertencia que indique que el cambio de posición sólo debe llevarse a cabo en condiciones descritas claramente en las instrucciones de uso (ej. Al cambiar de posición una repisa, esto se debe hacer sin que la repisa esté sosteniendo otro objeto o equipo).

Tabla 3. Fuerzas del dedo y la mano en varios casos de manipulación

La media de las Fuerzas (desviaciones estándar) ejercidas por un hombre, en N

Mano/ manipulación	Acoplamiento y descripción	Dígito 1 (Pulgar)	Dígito 2 (Índice)	Dígito 3 (Medio)	Dígito 4 (Anular)	Dígito 4 (Meñique)	Dígito 4 (Otro)
 <p>Toque digital</p>	<p>Uno toca dígitos de un objeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Touch perpendicular a largo dígitos - Dígitos 2-5 presionado en todo un bar - Punta la fuerza, como en mecanografía 	84 (33)* 131 (42)	43 (14)* 70 (17)	36 (13)* 76 (20)	30 (13)* 57 (17)	25 (10)* 55 (16)	162 (33)
 <p>Toque con la palma</p>	Alguna parte de la palma o ma o de la mano toca el objeto						233 (65)
 <p>Agarre de gancho</p>	<p>Dedo uno o varios dedos enganchado (s) en una manija o un mango (utilizado donde el pulgar a contrafuerza no es necesario).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Todos los dígitos combinados 	61 (21)* 118 (24)	49 (17)* 89 (29)	48 (19)* 104 (26)	38 (13)* 77 (21)	34 (10)* 66 (17)	108 (39)* 252 (63)
 <p>Pinza de punta</p>	La punta del pulgar se opone a la punta de otro dedo.		50 (14)* 59 (15)	53 (14)* 63 (16)	38 (7)* 44 (12)	28 (7)* 30 (6)	
 <p>Pinza de yema</p>	La yema del pulgar se opone a la yema de otro dedo (o la yema de varios dedos) cerca de la parte superior	(En el dígito 2 y 3) 85 (16)* 95 (19)	63 (12)* 34 (7)	61 (16)* 70 (15)	41 (12)* 54 (15)	31 (9)* 34 (7)	
 <p>Pinza lateral</p>	El pulgar se opone al (radial) lado de el dedo índice		98 (13)* 112 (16)				
 <p>Agarre de compresión</p>	La superficie interior total de la mano agarra el asa (a menudo cilíndrica), que corre paralela a los nudillos y sobresale generalmente en uno o ambos lados de la mano.						318 (61)* 366 (53)

Fuente: *Handbook of Medical Device Design*²⁴

²⁴ WEINGER, Matthew B. y WIKLUND, Michael E. y GARDNER-BONNEAU, Daryle J. *Handbook of Medical Device Design*. Nueva York: CRC, 2010. p. 118.

- La fuerza requerida para mover una parte del equipo horizontalmente no debe exceder de 200N.
- Para evitar la acumulación de gases oxidantes médicos, la parte de la caja de la unidad de suministro médico deberá tener aberturas de ventilación.
- La unidad de suministro médico no deberá incluir interruptores maestros o fusibles accesibles desde el exterior que puedan aislar un circuito eléctrico completo. Los tomacorrientes de la red eléctrica no deberán ir provistos de interruptores de red.
- Si los cables de comunicación, tales como sistemas de llamada de enfermera, de transmisión de radio, de teléfono, de señal de los parámetros biofísicos, otros conductores de transmisión de datos, etc., se proporcionan en unidades de suministros médicos junto con tuberías o mangueras flexibles de gas(es), el funcionamiento eléctrico es seguro ya que el voltaje es extra-bajo.
- Las características de diseño deberán asegurar que durante el mantenimiento de cada sistema de tuberías no podrán ser tocadas las partes vitales del sistema eléctrico.
- El cobre es el material preferido para todas las tuberías de gases medicinales.
- No deben usarse las uniones de tubería de gases a compresión.
- No se deben usar mangueras flexibles y ensambles de mangueras dentro de las unidades de suministros médicos, excepto para las en los colgantes de techo.

- Si se utilizan tubos o mangueras flexibles se proveerán medios que permitan la inspección y reemplazo periódicos.
- Si se utilizan tubos flexibles, los documentos que acompañan la unidad de suministro médico deberán incluir el procedimiento y la frecuencia recomendada de inspección y reemplazo de los tubos flexibles y deberá especificar las pruebas que se deberán llevar a cabo tras la sustitución de este tipo.
- Cada compartimiento eléctrico dentro de una unidad de suministro médico debe estar separada del gas y los compartimentos de líquidos por un tabique (pared delgada), excepto donde se utilizan tubos flexibles para el suministro de gas médico. Si los cables eléctricos se instalan junto con tubos flexibles para suministro de gases medicinales, los cables deberán aislarse y forrarse o ser instalados en un conducto flexible.
- La toma para gases medicinales y para líquidos, deben estar situados por lo menos a 0,2 m de cualquier componente eléctrico. La distancia deberá medirse en la superficie de la toma, desde la línea central a la primera parte expuesta del accesorio o componente eléctrico.

NORMA NFPA 99: *Standard for HealthCare Facilities.*

Esta norma internacional establece criterios basados en el riesgo para los pacientes, el personal o los visitantes en los centros de salud para reducir al mínimo los riesgos de incendio, explosión y la electricidad. A continuación se presentan algunos de esos criterios.

- Las tomas de salidas y entradas de gas se deben identificar con el nombre o símbolo químico para cada gas médico proporcionado.
- Designación estándar de para sistemas de gas y vacío:
 - Aire medicinal (Med Air): Amarillo/negro

- Oxígeno (O₂): Verde/blanco
- Vacío (MedVac): Blanco/negro

- Material de tubería: Según la norma NFPA 99 el material para la conducción de gases medicinales debe obedecer y tener en cuenta factores como: presión, corrosión, temperatura, presencia de humedad e impurezas, riesgos de incendio. Estas características las tiene la tubería de cobre tipo L y L sin costura rígida.
- Las tuberías de gases medicinales deben ir identificadas en los tramos de la tubería como mínimo una calcomanía por habitación la cual tenga el nombre del gas e indique la dirección y sentido de flujo, a su vez debe ir del color que identifique el gas conducido.

NORMA ISO 19054: Sistemas de riel para sujeción de equipamientos médicos.

Esta norma brindó guía el uso de sistemas de riel para la ubicación de bombas de infusión en el sistema de suministro médico. A continuación se muestran los requerimientos de esta norma.

- En el manual de uso el fabricante debe especificar si el sistema de rieles ha sido diseñado para el uso horizontal y/o vertical.
- Si se usa un carril, éste debe tener tapas al inicio y al final.
- Se recomienda una distancia máxima de entre dos fijaciones del carril.
- El fabricante debe suministrar la carga máxima que soporta el carril fijo.
- El equipo que se sujeta en el sistema de rieles debe tener abrazaderas para fijarse en el riel.

- Si el usuario respeta las especificaciones del fabricante, el riel y sus fijaciones usadas deberán ser suficiente para soportar el peso indicado.
- El sistema de rieles deberá ser de fácil limpieza.
- El sistema de rieles debe estar libre de astillas e impurezas.
- El fabricante debe especificar la frecuencia de mantenimiento e inspección del sistema de riel.
- El fabricante debe proporcionar planos y dibujos que contengan las dimensiones del sistema.
- El sistema de rieles debe estar hecho de un material resistente a la corrosión y debe tener alta resistencia, se aconsejan metales como el aluminio y el acero inoxidable.

2.4.2 Materiales que pueden ser utilizados para la construcción del sistema.

Debido a sus características, los aceros inoxidables austeníticos y el aluminio son materiales adecuados para la construcción del sistema de suministro médico. A continuación se describen estos materiales.

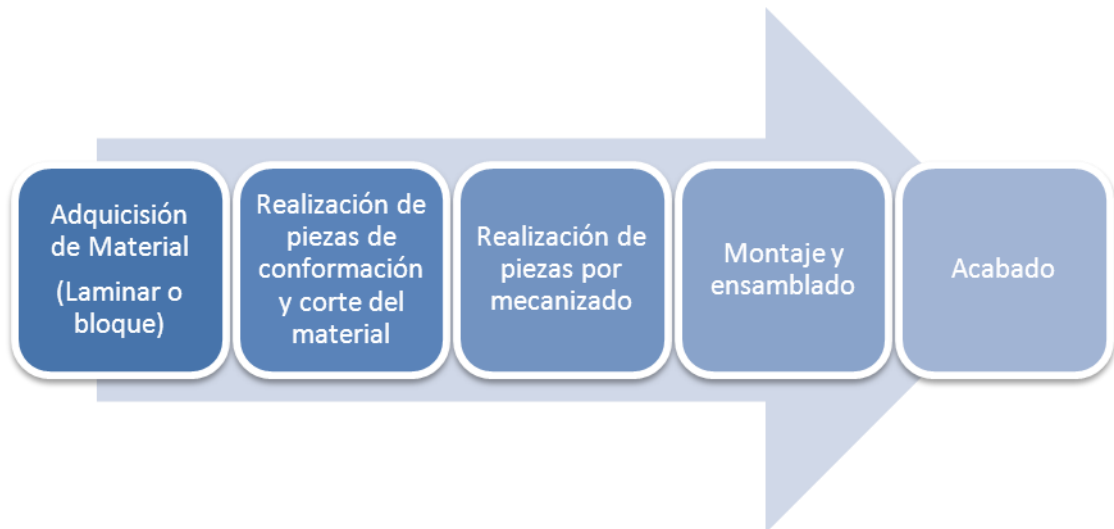
Aceros inoxidables austeníticos: tienen excelente resistencia a la corrosión, son endurecidos por trabajo en frío y no por tratamiento térmico, presentan excelente soldabilidad y excelente factor de higiene y limpieza, presentan formado sencillo y de fácil transformación, poseen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas y son no magnéticos. Los siguientes son los aceros más comunes de tipo austenítico.

- 301. Menor resistencia a la corrosión que otros aceros de la serie 300. Puede ser fácilmente formado y ofrece buenas propiedades de soldabilidad. Utilizado en partes de aviones, adornos arquitectónicos, cajas de ferrocarril y de trailer, cubiertas de rines, equipos para procesamiento de alimentos.
- 303. Especial para propósitos de maquinado, buena resistencia a la oxidación en ambientes de hasta 900° C. Se emplea para cortes pesados. Se usa para la fabricación de partes para bombas, bushings, partes maquinadas y flechas.
- 304. Todo propósito, tiene propiedades adecuadas para gran cantidad de aplicaciones. Se recomienda para construcciones ligeras soldadas que requieran buena resistencia a la corrosión. Tiene buen desempeño en temperaturas elevadas (800 a 900° C) y buenas propiedades mecánicas. Es recomendable cuando se requiera soldar altos espesores de material. Algunas aplicaciones son equipo químico de proceso, accesorios para aviones, remaches, equipo para hospitales, etc.
- 309. Poseen alta resistencia mecánica, tenacidad y excelente resistencia a la oxidación en temperaturas de hasta 1000° C. Calentadores de aire, equipo químico de proceso, partes de quemadores de turbinas de gas e intercambiadores de calor son algunas de las aplicaciones más comunes fabricadas con este tipo de acero.
- 310. Es frecuentemente usado en servicios de alta temperatura. Se utiliza para fabricar calentadores de aire, equipo para tratamiento térmico de aceros, equipo químico de procesos, etc.
- 316. Resistente a la corrosión frente a diversos químicos agresivos, ácidos y atmósfera salina. Se utiliza para adornos arquitectónicos, equipo para el procesamiento de alimentos, farmacéutico, fotográfico, textil, etc.
- 321. Es similar al 304, pero contiene una adición de titanio equivalente a cinco veces el contenido de carbono. Las principales aplicaciones de este acero son recipientes a presión y almacenamiento, partes de motores de jet, equipo químico de proceso, etc.

Aluminio 6061: Es muy efectivo ante los procesos mecánicos, es utilizado para fabricar barcos, también muebles, se usa en el ámbito de la ingeniería, entre otros. Por sus características, facilidad adquisición y facilidad de mecanizado se propuso como otra opción de material para la fabricación del sistema.

2.4.3 Proceso de fabricación del sistema de suministro médico²⁵. La Figura 30 presenta el proceso de construcción de una unidad de suministro médico. Las etapas del proceso son descritas a continuación:

Figura 30. Proceso de fabricación del sistema



Conformación y corte: el propósito es modificar la forma y el tamaño y/o las propiedades físicas del material.

Mecanizado: elimina de una pieza unas zonas determinadas, con el objeto de conseguir una forma o acabados prefijados. Los procesos básicos de mecanizado son: limado, taladrado, torneado, fresado, aserrado, brochado y mecanizado abrasivo.

²⁵ BLACK , Temple y KOHSER, Donald y De GARMO, Paul. Materiales y procesos de fabricación. Barcelona: Editorial Reverté, 2002. p. 12-25

Montaje/ensamblado: es un proceso para unir dos o más piezas para formar un conjunto o subconjunto completo, el ensamble mecánico es un proceso que no involucra la soldadura como principal herramienta, unas de las herramientas más utilizadas dentro del proceso son los tornillos, las tuercas y los pernos.

Acabado: es un proceso que se realiza para proteger contra el desgaste y la corrosión y hacer que las piezas tengan buen aspecto. El galvanizado y el anodizado se hacen casi exclusivamente como defensa contra la corrosión, aunque el anodizado, a veces, sirve para mejorar una superficie con vistas a un pintado posterior. El galvanizado consiste en formar una capa tenue de cinc sobre una superficie de acero y el anodizado se aplica principalmente a las aleaciones de aluminio, para conseguir superficies resistentes a la corrosión. Con la pintura y la metalización se dotan las superficies de las piezas de sustancias protectoras y decorativas.

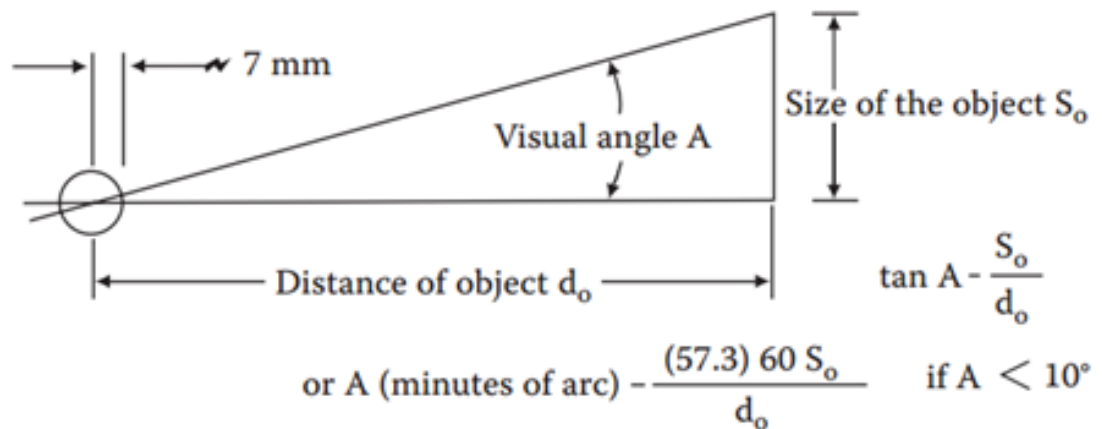
2.4.4. Factores Humanos. Para el desarrollo del producto es importante considerar factores como el ángulo visual humano que influye en ubicación de pantallas de los equipos médicos; el tamaño mínimo de fuente que incide en la facilidad de lectura de etiquetas, avisos o manuales de usuario; la antropometría cuyos parámetros influyen en la adaptación del producto al usuario al que va dirigido; el factor de trabajo visual que ayuda al diseño correcto del espacio de trabajo. Éstos factores están basados en la guía *Human Factors in Medical Device Design*²⁶ cuyo génesis fue el trabajo de la *Association for the Advancement of Medical Instrumentation's (AAMI's) Human Factors Engineering Committee* que produjo la norma ANSI / AAMI HE-74-2001²⁷.

²⁶WEINGER, Matthew B. y WIKLUND, Michael E. y GARDNER-BONNEAU, Daryle J. Handbook of Medical Device Design. Nueva York: CRC, 2010.

²⁷*Association for the Advancement of Medical Instrumentation's (AAMI's) Human Factors Engineering Committee. Human factors design process for medical devices. AAMI HE-74.* Estados Unidos: AAMI, 2001.

Ángulo visual: El ángulo visual del ojo se puede calcular usando la fórmula y el diagrama correspondiente en la Figura 31. Este factor se aplicó al momento de distribuir y especificar las alturas de los elementos. En el diagrama, el vértice del triángulo se supone que es 7 mm por detrás del punto más adelantado de la córnea.

Figura 31. Cálculo del ángulo visual A en minutos de arco conociendo la altura y distancia del objeto



Fuente: *Handbook of Medical Device Design*

Tamaño mínimo de fuente. El diseño de etiquetas de los diferentes suministros se basa en este factor. Véase la Tabla 4 para más detalles. El tamaño de la fuente se especifica analizando la distancia de lectura con el fin de facilitar al usuario la percepción y comprensión.

Tabla 4. Tamaños recomendados de caracteres correspondientes a diferentes distancias de lectura

Altura del caracter vs. distancia de lectura			
Altura del caracter (in.)	Distancia de lectura (in.)	Angulo visual(minutos de arco)	Tamaño de fuente
Preferible (límite superior)			
0.102	16	22	Tamaño de fuente 7.5
0.154	24	22	Tamaño de fuente 11
0.230	36	22	Tamaño de fuente 16
0.768	120	22	Tamaño de fuente 55
1.152	180	22	Tamaño de fuente 72
Preferible (límite inferior)			
0.093	16	20	Tamaño de fuente 7
0.140	24	20	Tamaño de fuente 10
0.209	36	20	Tamaño de fuente 15
0.698	120	20	Tamaño de fuente 50
1.04	180	20	Tamaño de fuente 75
Adecuado (límite superior)			
0,084	16	18	Tamaño de fuente 6
0,126	24	18	Tamaño de fuente 9
0,188	36	18	Tamaño de fuente 13.5
0,628	120	18	Tamaño de fuente 45
0,942	180	18	Tamaño de fuente 68
Adecuado (límite inferior)			
0,074	16	16	Tamaño de fuente 5.5
0,112	24	16	Tamaño de fuente 8
0,168	36	16	Tamaño de fuente 12
0,558	120	16	Tamaño de fuente 40
0,838	180	16	Tamaño de fuente 60
Umbral mínimo			
0,056	16	12	Tamaño de fuente 4
0,084	24	12	Tamaño de fuente 6
0,126	36	12	Tamaño de fuente 9
0,419	120	12	Tamaño de fuente 30
0,628	180	12	Tamaño de fuente 45

Fuente: Traducción de autora de *Human factors design process for medical devices*

Antropometría. Las dimensiones del cuerpo humano, de sus partes y la relación entre ellas, que se tienen en cuenta para adecuar y adaptar el sistema de suministro a las características poblacionales (población colombiana) son la estatura, la altura de los ojos, la altura del hombro, la altura del codo a 90°, el alcance brazo frontal, el alcance brazo lateral, el alcance máximo vertical, el ancho de los codos y el espesor de la mano. Ya que la población a la cual va dirigido el diseño es colombiana, para el desarrollo del proceso de diseño se consideraron datos antropométricos de personas colombianas, para esto, fue guía el manual

Datos Antropométricos para el Diseño²⁸, éste contiene una síntesis de datos orientada al diseño de productos. En el desarrollo del diseño para dimensiones mínimas, el valor percentil considerado es alto, ya que si por ejemplo el diseño se acomoda a una persona grande (percentil 99), también se adaptaría a las personas de menor tamaño; mientras que para dimensiones máximas, el valor percentil previsto es bajo, por lo tanto, si el diseño está al alcance de personas pequeñas (percentil 5), también estará al alcance de personas grandes). Las Tablas 5 y 6 sirven de guía para la consideración del factor antropométrico, éstas contienen parámetros del percentil 5 al 99 de hombres y mujeres colombianos.

Tabla 5. Medidas antropométricas de hombres colombianos

Posición erguida Hombres entre 15-31 años	PERCENTILES (medidas en cm)					
	P5	P25	P50	P75	P95	P99
Estatura	161,6	167,8	172,1	176,4	182,6	186,9
Altura ojos	150,8	156,9	161,1	165,4	171,4	175,7
Altura hombro	133,7	139,4	143,4	147,4	153,1	157,1
Altura codo	102,2	107	110,3	113,7	118,5	121,9
Altura codo 90°	99,2	103,7	106,8	110	114,5	117,7
Alcance brazo frontal	68,5	72,8	75,7	78,7	82,9	85,9
Alcance brazo lateral	71,8	77,4	81,3	85,3	90,9	94,8
Alcance máximo vertical	200,8	210,2	216,7	223,2	232,6	239,2
Longitud codo-dedo medio	41,9	44,7	46,6	48,6	51,3	53,3
Ancho de codos	38,2	43,3	46,8	50,3	55,4	59
Espesor de la mano	2,4	2,7	2,9	3,1	3,5	3,7



Fuente: Autora, datos extraídos la referencia 22

²⁸ MARADEI, Fernanda y ESPINEL, Francisco y PEÑA, Astrid. Datos antropométricos para el diseño, Región Nororiental Colombiana 2008. 1 ed. Bucaramanga: División de Publicaciones UIS, 2009. p.21-52

Tabla 6. Medidas antropométricas de mujeres colombianas

Posición erguida Mujeres entre 15-31 años	PERCENTILES (medidas en cm)					
	P5	P25	P50	P75	P95	P99
Estatura	148,9	154,6	158,5	162,4	168,1	172
Altura ojos	138,1	143,8	147,8	151,8	157,5	161,5
Altura hombro	122,6	127,8	131,4	135	140,2	143,8
Altura codo	94,7	99,2	102,3	105,4	109,8	112,9
Altura codo 90°	90,2	95,4	99,1	102,7	107,9	111,6
Alcance brazo frontal	61,9	65,9	68,8	71,5	75,5	78,4
Alcance brazo lateral	65,4	70,1	73,3	76,5	81,2	84,4
Alcance máximo vertical	181,9	190,8	197	203,2	212,1	218,4
Longitud codo-dedo medio	38,9	41	42,4	43,8	45,9	47,3
Ancho de codos	35,2	39,3	42,2	45,1	49,3	52,2
Espesor de la mano	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9	3

Fuente: Autora, datos extraídos la referencia 22

Trabajo visual. A partir de las Tablas 5 y 6 se genera un diagrama de estación de trabajo que permite especificar la distribución de los elementos del sistema, éste es ilustrado en la Figura 32. La información del diagrama se usa para dar cabida a las necesidades posturales y visuales de los individuos grandes y pequeños. Se tomaron como dimensiones mínimas valores percentil 5 y como dimensiones máximas valores percentil 95 de personas entre 19 y 24 años obtenidos por la D.I. Peña Leal. La Tabla 7 contiene los parámetros que fueron considerados, algunos de éstos basados en el diagrama para el trabajo visual del libro *Handbook of medical device design*²⁹.

²⁹ WEINGER, Matthew B. y WIKLUND, Michael E. y GARDNER-BONNEAU, Daryle J. *Handbook of Medical Device Design*. Nueva York: CRC, 2010. p. 115.

Figura 32. Diagrama de estación de trabajo

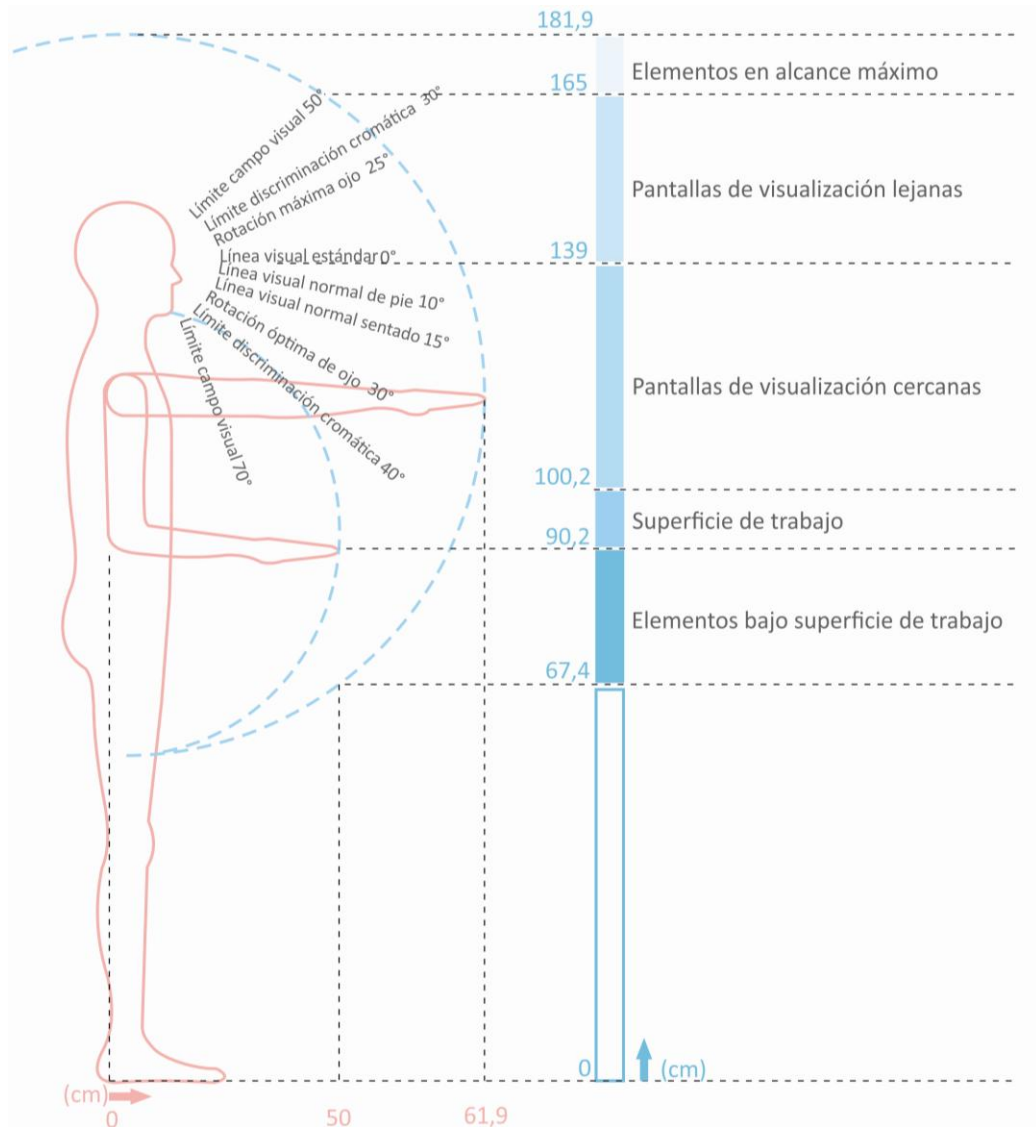
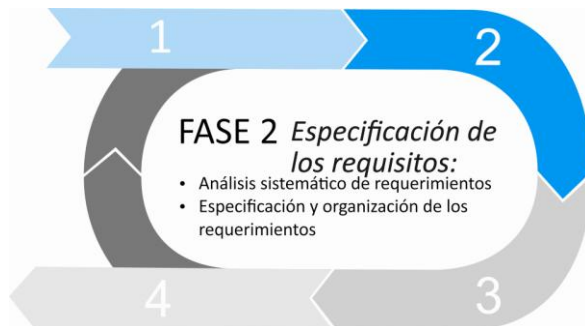


Tabla 7. Parámetros antropométricos considerados

Parámetro	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Alcance máximo vertical	185,86	
Alcance brazo frontal	67,62	
Altura codo flexionado a 90°	92,5	
Altura ojos	134,97	
Espesor de la mano		3,7

3. FASE 2. ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUISITOS



Usando la información recolectada en la fase anterior, se procedió a especificar las variables que debía cumplir la solución desarrollada. En esta etapa se realizaron dos actividades, la primera fue la

comparación sistemática de los grupos de requerimientos, en la que el usuario confrontó pares de requerimientos y determinó cuál de los dos que se comparaban era el más importante. Se buscó identificar la importancia de los requerimientos al tener en cuenta la consideración de Gerardo Rodríguez Morales “los criterios de precisión de un problema cambian muy poco de problema a problema. El costo de fabricación, la seguridad personal, la confiabilidad, la facilidad de mantenimiento y otros, se aplican en casi todos los casos. Lo que cambia significativamente es la importancia relativa de cada uno de ellos respecto al producto por diseñar”³⁰. De esta forma, en el presente capítulo, se determina la importancia relativa de los requerimientos, lo que aporta diferenciación de los criterios del proyecto respecto a otros problemas. La otra actividad fue la especificación de los requerimientos de diseño teniendo en cuenta la información de la etapa de indagación del capítulo 2.



3.1 COMPARACIÓN SISTEMÁTICA DE LOS GRUPOS DE REQUERIMIENTOS

Al establecerse el grado de importancia de cada uno de los grupos de requisitos, se identifican los requisitos que más se deben profundizar. Mediante un cuestionario se aplica la comparación sistemática de requerimientos con el objetivo de conocer las prioridades del usuario respecto al proyecto.

³⁰ RODRIGUEZ MORALES, Gerardo. Manual de Diseño Industrial: Curso Básico. Edición 3. México: Ediciones G. Gill. p. 53

La información obtenida del usuario fue aportada por 6 personas pertenecientes al personal de enfermería de la UCI del HUS por medio de un cuestionario donde se aplica la comparación sistemática. La Figura 33 ilustra el formato del cuestionario con el que se aplicó la técnica de comparación sistemática de requerimientos y la Figura 34 registra el momento en el que se realizó el cuestionario; éste consta de dos tablas, una donde se enlistan e identifican algunos requisitos pertenecientes a los diferentes grupos de requerimientos mediante letras, la otra una tabla en la cual se confrontan los requerimientos (A-N) y en la cual el usuario debe especificar la importancia relativa cada par.

Figura 33. Cuestionario de requerimientos

ENCUESTA DE REQUERIMIENTOS

Soy Cindy Rondón Cachopo, estudiante de diseño industrial y estoy desarrollando mi proyecto de grado SISTEMA DE SUMINISTRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS. Solicito respetuosamente su valiosa colaboración llenando la presente encuesta.

Nombre: _____
 Cargo: _____

1. A continuación en la primera tabla, verá un listado de palabras identificadas con una letra (A-N), en la segunda tabla por favor confronte estas palabras horizontalmente (ej. A con B, A con C, A con D, A con E, A con F, A con G...) y escriba en las celdas blancas:
 0: Si es menos importante que el requerimiento con el que confronta
 1/2: Si es igual de importante al requerimiento con el que confronta
 1: Si es más importante que el requerimiento con el que confronta

A	Confiabilidad
B	Transporte
C	Costos de producción
D	Modo de producción
E	Versatilidad
F	Capacidad
G	Resistencia
H	Materiales
I	Estilo, formas y acabados
J	Seguridad
K	Mantenimiento y reparación
L	Normas y estándares
M	Número de componentes y distribución
N	Utilidad

Requerimiento	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Resultado
A															
B															
C															
D															
E															
F															
G															
H															
I															
J															
K															
L															
M															
N															

El Gráfico 3 presenta los resultados de clasificación de los grupos de requerimientos, en éste se puede observar que durante el desarrollo de diseño se debe prestar atención principalmente a los requerimientos de función, seguido por los requerimientos de uso, técnico-productivos, estructurales, formales y de identificación.

Gráfico 3. Grado de importancia de los grupos de requerimientos

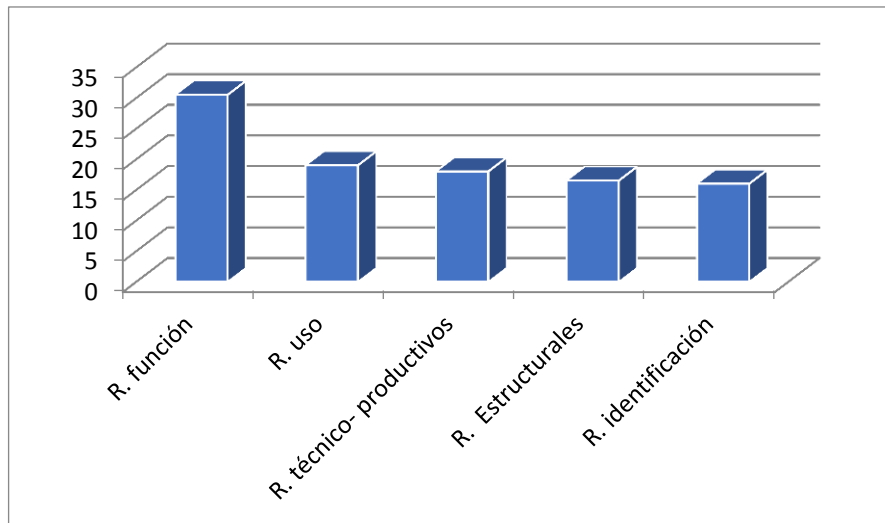


Figura 34. Registro fotográfico de la comparación sistemática de requerimientos



3.2 ESPECIFICACIÓN Y ORDEN DE LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Dado el orden de importancia obtenido en la actividad anterior y analizando los resultados obtenidos en la fase 2, de indagación, se establecieron los requerimientos que debe cumplir la unidad de suministro diseñada, estos son presentados y organizados en la tabla 6. Los requerimientos son implementados en las etapas posteriores para hacer posible el acatamiento de los mismos.

Tabla 8. Especificación de los Requerimientos

R. FUNCIÓN	Mecanismos	<ul style="list-style-type: none"> Las partes externas de la unidad como bandejas, repisas y atriles deben unirse a la estructura principal por medio de un mecanismo de agarre a presión, por lo cual las áreas de contacto deben tener fricción o fuerza de compresión suficiente sin dañar las piezas. Panel o módulo que suministre electricidad con tomacorrientes reguladas (para un suministro continuo y constante) y no regulado. Panel o módulo que proporcione suministro de gases medicinales (aire, oxígeno y vacío).
	Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Uno de las primeras características que el usuario espera de una unidad de suministro es alta capacidad de carga, por lo cual, los materiales deben dar al usuario la confianza al ejercer sus funciones usando la unidad al ser altamente resistentes a choques, compresiones y tensiones.
	Versatilidad	<ul style="list-style-type: none"> Barras o soportes que permitan la sujeción de abrazaderas de diferentes tamaños que ajustan los equipos médicos como bombas de infusión. El usuario debe tener la posibilidad de cambiar de posición y ajustar alturas de los equipos médicos ubicados en el sistema.
	Resistencia	<ul style="list-style-type: none"> El conjunto de barras o soportes deben resistir el peso de la cantidad máxima de bombas de infusión requeridas por una paciente UCI (23) con un peso total de 69 kg aproximadamente.
	Acabado	<ul style="list-style-type: none"> El sistema estará expuesto a fricción, compresión y choques, por lo cual el acabado debe tener alta resistencia al deterioro y en las áreas donde hay fricción frecuente, para el acabado se deberá excluir algún tipo de recubrimiento que agilice la aparición de desgaste.

Tabla 8. (Continuación) Especificación de los Requerimientos

R. USO	Practicidad	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema debe tener lenguaje y uso claro para el usuario. • Las etiquetas e información del sistema deben estar libres de saturación e información innecesaria que perturbe el desempeño del usuario. • Los componentes externos de la unidad de suministro deben ser de fácil ubicación, agarre y ajuste en la estructura principal.
	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Los equipos o partes del equipo deben poder asegurarse para evitar la pérdida del equilibrio (vuelco) o el movimiento inesperado ya que podrían suponer riesgo para el usuario. • Los extremos de la unidad de suministro como esquinas de repisas o bandejas deben estar cubiertos con esquineros o redondeados para evitar dañar al usuario. • El sistema de gases y el sistema eléctrico deben estar completamente aislados para evitar cualquier reacción explosiva. • Los elementos de protección (ej. esquineros), deben estar sujetos firmemente y no deben poder ser desmontados sin el uso de una herramienta. • Cuando las zonas de trampa (donde el usuario puede quedar atrapado) sean accesibles para el usuario y éstas se produzcan por una parte movable, el movimiento debe estar en el campo visual del usuario.
	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Puertas o una solución que facilite el acceso al interior del sistema para facilitar el mantenimiento.
	Reparación	<ul style="list-style-type: none"> • Se deberán usar elementos estandarizados para asegurar el mantenimiento y la obtención de componentes en el mercado para reparar alguna anomalía que presente el sistema de suministro.
	Manipulación	<ul style="list-style-type: none"> • El peso de las partes móviles del equipo debe ser adecuado para que puedan ser transportadas (rotación o translación) fácilmente por el usuario.
	Antropometría	<ul style="list-style-type: none"> • Las dimensiones (estación de trabajo) de los elementos con los que el usuario interactuará deben corresponder a proporciones antropométricas de los mismos.
	Ergonomía	<ul style="list-style-type: none"> • El tamaño de la tipografía usada en etiquetas informativas del sistema debe ser adecuado para la lectura a la distancia en que se ubica el usuario. • El lenguaje en las etiquetas y letreros de la unidad debe ser español. • Debido a la posible complejidad de señalización exterior, los diagramas que indiquen todas las conexiones eléctricas y electrónicas internas de la unidad de suministro médico deben estar dentro del equipo.

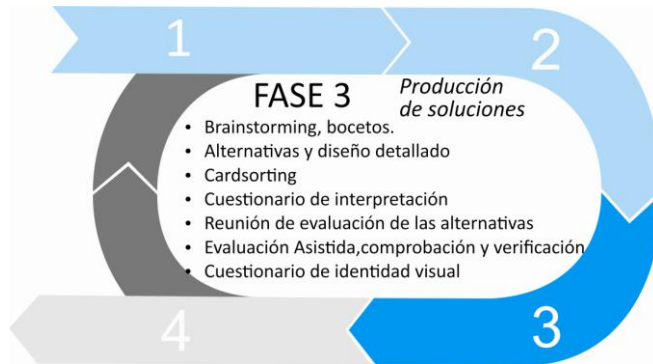
Tabla 8. (Continuación) Especificación de los Requerimientos

R. USO	Ergonomía	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando una unidad de suministro médico tiene tomacorrientes esenciales (ej. fuente de alimentación ininterrumpida UPS), estas tomacorrientes deben ser fácilmente identificadas. • Las dimensiones de la unidad de suministro deben estar regidas por las dimensiones antropométricas registradas en la Fase 1 sobre factores humanos. • La altura de las repisas debe tener como objetivo la disposición adecuada de las pantallas y controles para que el usuario al observarlos y controlarlos tenga una postura saludable y adecuada.
	Percepción	<ul style="list-style-type: none"> • El panel de gas y el panel eléctrico deben tener etiquetas que permitan la percepción adecuada de las distinciones y diferenciaciones que se quieren dar a los diferentes circuitos y gases. • Las salidas, conexiones y mangueras de gases medicinales deben usar el código de colores: verde-oxígeno, amarillo-aire y blanco o gris- vacío.
	Procesos de fabricación	<ul style="list-style-type: none"> • Cortes de material por medio de corte laser y/o aserrado. • Se deben eliminar las rebabas de las piezas.
	Normalización	<ul style="list-style-type: none"> • Para el diseño se deben considerar las medidas comerciales de los materiales para su máximo aprovechamiento en la producción.
	Estandarización	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe tener en cuenta la modulación de los elementos del sistema para simplificar el proceso de producción.
	Materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Las alternativas principales de material por sus características de resistencia e higiene son el acero inoxidable y el aluminio.
	Acabado	<ul style="list-style-type: none"> • Por medio de anodizado dar color a las piezas que no deban tener recubrimientos de pintura que se desgaste rápidamente.
R. ESTRUCTURALES	Componentes	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema se debe componer principalmente de una estructura principal, barras de soporte, repisas y contenedores y paneles eléctricos y de gases. • Sus áreas deben ser diferencias (área húmeda donde se ubicarán las bombas de infusión y líquidos, área seca donde se ubicará el monitor de parámetros, ventilador mecánico u otros equipos médicos.
	Unión	<ul style="list-style-type: none"> • Se deberán usar elementos estandarizados (tornillos, tuercas y pernos) para facilitar el armado y desarmado del sistema y así evitar pegues y soldaduras entre piezas.

Tabla 8. (Continuación) Especificación de los Requerimientos

R. FORMALES	Estilo	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño sin ruido y sin elementos recargados que puedan perturbar y perjudicar la armonía del sistema. • Conjunto de colores compuesto por un color dominante, un color secundario y un acento, designando la posición entre un color saturado y con luminosidad y un color apagado.
	Unidad	<ul style="list-style-type: none"> • Las formas del sistema deben ser simples y contemplar proporciones áureas que relacionen las diferentes partes del sistema.
	Equilibrio	<ul style="list-style-type: none"> • Por medio de la simetría el sistema deberá presentar estabilidad visual.
R. IDENTIFICACIÓN	Impresión	<ul style="list-style-type: none"> • Impresión a un solo color con láser que permita la identificación de los diferentes suministros por medio de etiquetas con recubrimiento superficial o gravado.
	Ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • La información se dispondrá de forma horizontal, ubicada de forma que haya fácil interpretación por parte del usuario.

4. FASE 3. PRODUCCIÓN DE SOLUCIONES



Esta fase constó de tres pasos: 1) Ideas y primeros conceptos de diseño, 2) Alternativas, 3) Diseño de detalle. Después de obtener la información y establecer los requisitos, se generaron conceptos iniciales, se obtuvieron varias

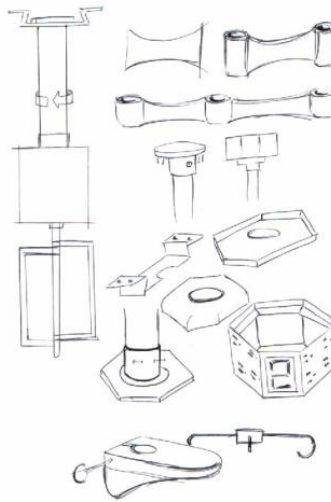
alternativas y el diseño fue detallado. Fue elegida la alternativa que cumplió en mayor grado con los requerimientos planteados y se desarrolló esa propuesta con las especificaciones técnicas del producto. La etapa culminó con la construcción del modelo funcional del producto, su evaluación y la aplicación de las mejoras necesarias para conseguir un sistema de suministro óptimo.

4.1 IDEAS Y PRIMEROS CONCEPTOS

Para diseñar apoyándose en las soluciones que presenta la naturaleza, se indaga que en ambiente natural, cada abeja construye su “celda” como un tubo, pero se vuelven hexagonales debido a la presión ejercida de cada abeja contra sus seis vecinas más cercanas con el objetivo de obtener una celda mayor, esto se ilustra en la Figura 35. Como analogía a lo que sucede en el panal, se decide tomar como referencia formal esta solución natural, dada su analogía de organización, optimización de espacio, soluciones compactas y colgantes. Es así como el hexágono es incluido en el desarrollo de las ideas del proceso de diseño. Entonces, por medio del método lluvia de ideas son generadas de forma espontánea ideas conceptuales que se ilustran secuencialmente desde la Figura 37 a la Figura 46.

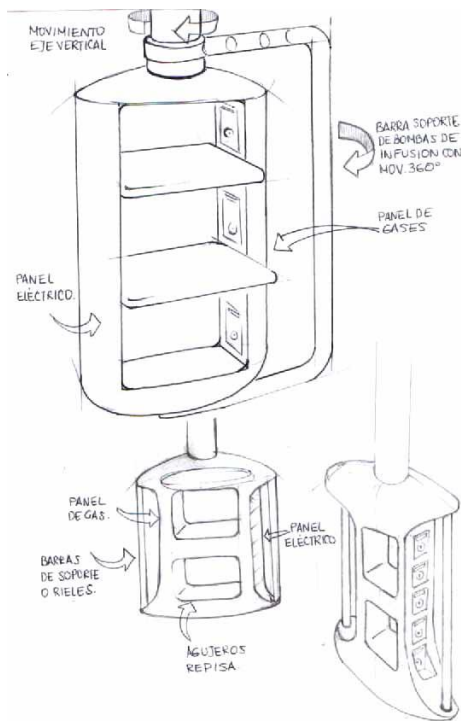
En la primera conceptual presentada en la Figura 37, se realiza una configuración inicial de las posibles partes del sistema de suministro, en éstas se incluyen: barras de sostenimiento o brazo, soporte para la instalación del techo, volumen hexagonal para la ubicación de las salidas de suministro, una pantalla para la numeración del paciente, las tapas del volumen, un tubo que permite el movimiento de rotación de la columna colgante.

Figura 37. Primera idea conceptual



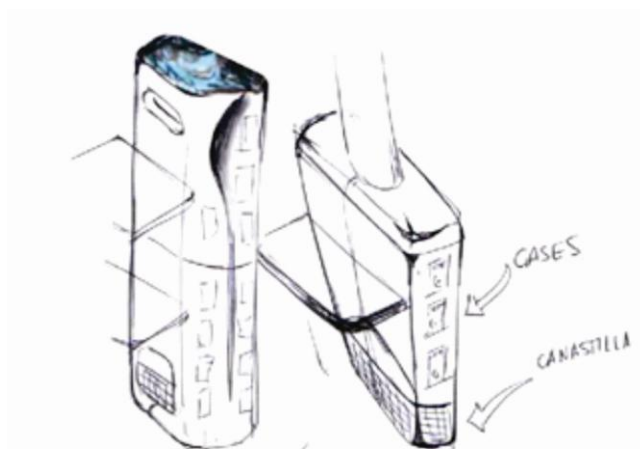
La segunda idea conceptual presenta la ubicación interna de repisas o bases para la disposición de equipos médicos, al inicio la idea presentaba las tomas de gases y eléctricas en el interior del cuerpo de la columna, después éstas fueron ubicadas a los lados, externamente. La idea presenta dos barras para la sujeción de bombas de infusión u otros dispositivos.

Figura 38. Segunda idea conceptual



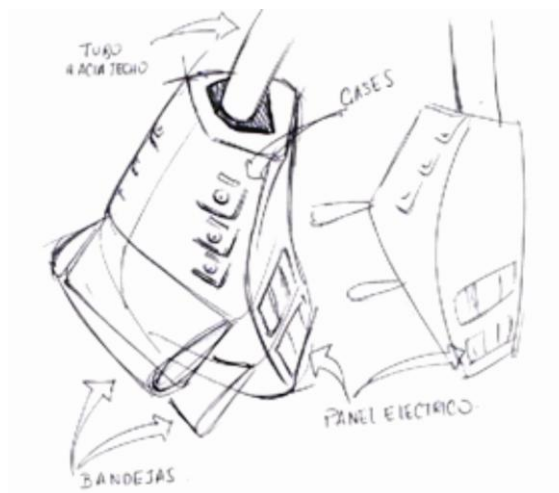
En la segunda idea conceptual presentada en la Figura 39 se muestran dos tipos de columnas, la primera de tapa superior azul presenta forma de medio hexágono, contiene en la parte superior frontal un display para indicar el número del paciente, además presenta dos repisas para la disposición de equipamiento y las tomas eléctricas y de gases se encuentran en los laterales de la columna. En la parte frontal-posterior presenta una cavidad donde se encuentra la canastilla. La segunda es una columna rectangular que integra una canastilla en la parte inferior, una bandeja para equipamiento y las tomas de los suministros en los lados.

Figura 39. Tercera idea conceptual



La cuarta idea exhibe formas orgánicas, es voluminosa y su cuerpo se divide transversalmente para contener el suministro de gases alejado del suministro eléctrico.

Figura 40. Cuarta idea conceptual



La idea de la Figura 41 es una pieza compacta con partes cóncavas que permiten el ingreso de equipamiento, en la parte inferior presenta un agujero que cumpla la función de canastilla. En la Figura 42 la columna contiene cuatro espacios y una barra de soporte para disponer dispositivos.

Figura 41. Quinta idea conceptual

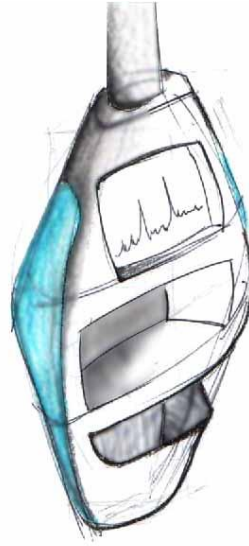
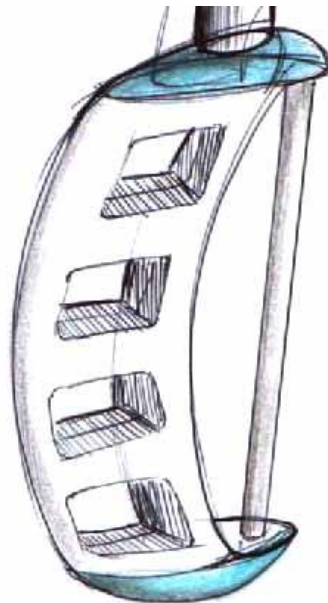


Figura 42. Sexta idea conceptual



La idea de la Figura 43 es un sistema tipo puente, que separa el área seca del área húmeda, en éste caso las tomas de los suministros se ubicarían en el puente (parte superior que pendería del techo), incluye dos barras para la sujeción de

dispositivos y al otro lado, en el área seca se ubicaría el monitor de signos vitales y otro equipo.

La octava idea de la Figura 44, es una columna ovalada que presenta tres concavidades, una para la ubicación del monitor de signos vitales, otra para la ubicación del ventilador mecánico y la posterior para disponer la canastilla.

Figura 43. Séptima idea conceptual

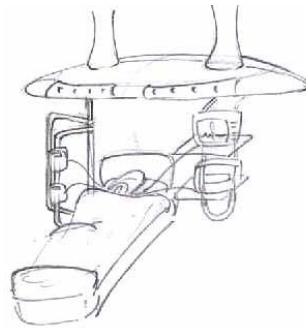


Figura 44. Octava idea conceptual



En la Figura 45 se presenta la décima idea conceptual. En las dos cavidades que contiene se colocarían los equipos médicos, además, en las cajoneras se podría organizar el insumo médico. Ésta idea presenta un borde para permitir el agarre del usuario al momento de girar en el eje vertical la columna.

La idea de la Figura 46 es una columna tipo puente que separa las áreas seca (para disposición de equipos de monitoreo) y húmeda (ubicación de dispositivos que interactúan con líquidos medicinales).

Figura 45. Décima idea conceptual

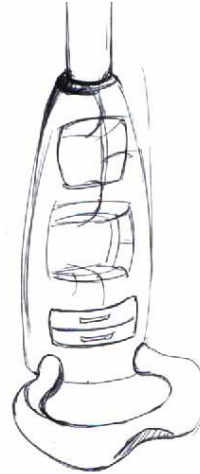
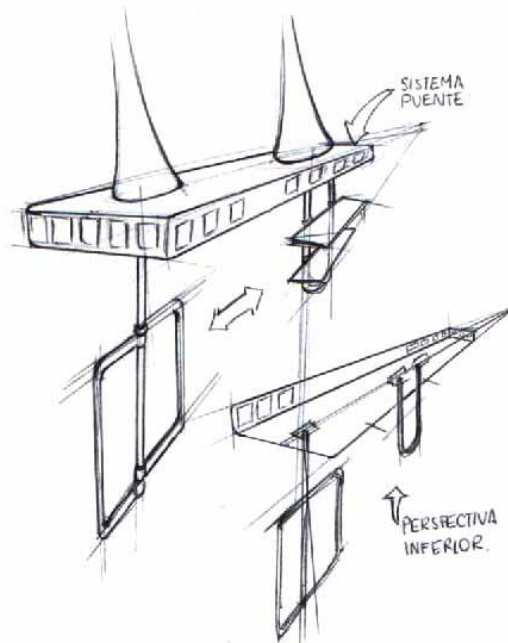


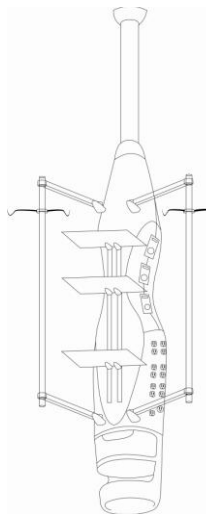
Figura 46. Onceava idea conceptual



Consecutivamente, las ideas bocetadas son analizadas y evolucionan en tres ideas producto del análisis de la integralidad de los equipos y suministros, además de la factibilidad de desarrollo y construcción. Estas ideas son presentadas en las Figuras 47, 48 y 49, como imágenes vectores.

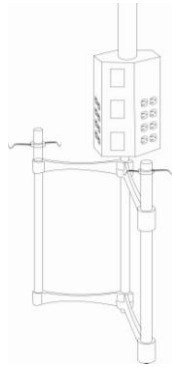
La Idea 1 de la Figura 47, es una columna tipo colgante, fundamentada las Figuras 39, 40 y 42. Sus formas orgánicas contrastan con las barras de soporte en las que se encuentran los servicios porta líquidos (para infusión de líquidos medicinales). Presenta tres repisas con altura ajustable gracias al carril en el que se ubican. Además, integra un cajón y una canastilla en la parte inferior

Figura 47. Idea 1: evolución a columna compacta



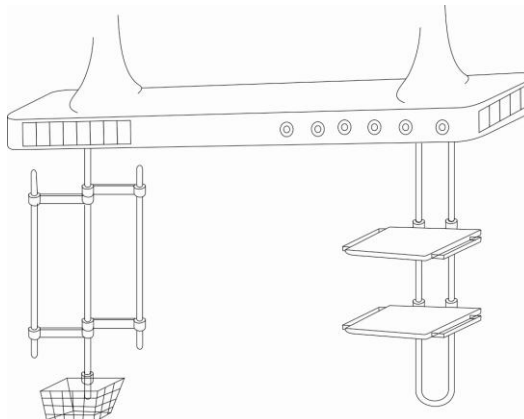
La Idea 2 de la Figura 24 consta de dos partes: un cuerpo hexagonal donde se ubican las tomas de suministro y 3 barras ajustadas unidas mediante brazos para la disposición de equipamiento.

Figura 48. Idea 2: evolución a columna hexagonal



Por último la idea tres presentada en la Figura 49, es una es una unidad tipo puente, caracterizada por permitir el desplazamiento en el eje vertical de las áreas seca (izquierda) y húmeda (derecha).

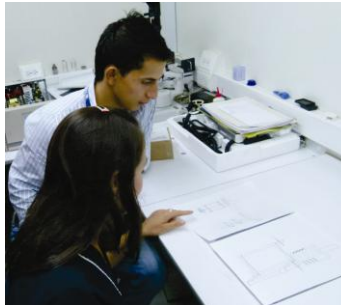
Figura 49. Idea 3: evolución a columna tipo puente colgante



Fruto de la evaluación de las 3 ideas anteriores (Fig. 47, Fig. 48 y Fig.49), en la cual participó el personal de biomédica de la FOSCAL, se concluye que las ideas 2 (Fig. 48) y 3 (Fig. 50) son más apropiadas para el proceso posterior de evolución tridimensional. Aunque la idea 1 presenta un concepto formal estético apropiado, el análisis de la factibilidad de su construcción determinó que era la menos conveniente. Por otro lado, la característica de doble columna de la idea 3 mostró ser correcta para mantener dos áreas separadas: una columna podría ser el área

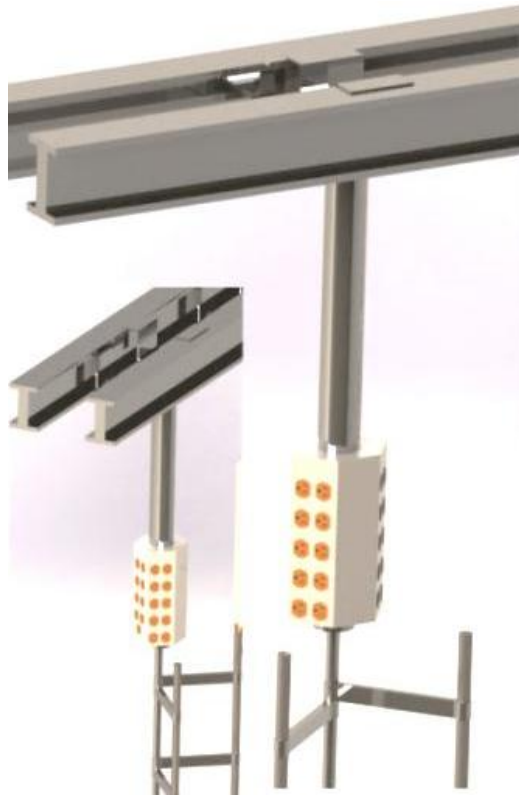
seca, en la cual se ubicaría el monitor y otros equipos médicos; mientras que la otra sería el área húmeda, que contendría los líquidos y bombas de infusión. Sin embargo se determinó que era de suma importancia analizar esa ventaja respecto a su repercusión en la optimización del espacio. La Figura 50, contiene una fotografía durante esta actividad.

Figura 50. Registro fotográfico de la etapa de evaluación de ideas



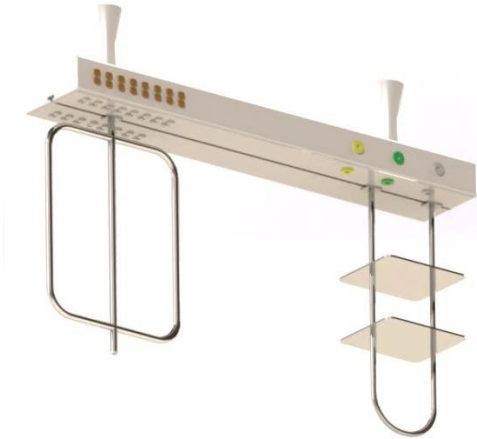
Obtenidos los resultados de la evaluación de ideas ilustradas en las Figuras 47, 48 y 49, se procede a la evolución tridimensional tanto de la idea 2 (Fig. 51) como de la idea 3 (Fig. 52), por lo que se realiza la transformación de las ideas presentadas en dos dimensiones, a modelos CAD en tres dimensiones. En la evolución tridimensional de la idea 2 ilustrada en la Figura 52 se presenta un sistema de columna UCI colgante con tres barras soporte; la barra central presta la función de soporte para la ubicación de bandejas, cajoneras y/o canastillas, mientras que, las barras de los extremos son para la sujeción de abrazaderas de bombas de infusión o de perfusión. La columna se encuentra sobre un riel que permite el movimiento de la columna por la habitación o cubículo UCI de un lado al otro como los sistemas tipo puente. En la caja hexagonal de la columna se disponen las tomas eléctricas y de gases medicinales.

Figura 51. Alternativa conceptual 1: evolución tridimensional de la idea 2



Por otro lado, la evolución tridimensional de la idea 3 presenta un sistema tipo puente con un área húmeda que integra las repisas para la disposición de equipos y un área seca que comprende barras de soporte para la sujeción de dispositivos. El puente (parte compacta) contiene a uno de sus lados el panel eléctrico y en el otro lado el panel de gases medicinales. Las dos áreas tienen la posibilidad de desplazarse horizontalmente por medio del carril inferior del puente.

Figura 52. Alternativa conceptual 2: Evolución tridimensional de la idea 3



La representación tridimensional permitió la evolución y visualización digital de las dos ideas de diseño escogidas. Producto del análisis, por parte del personal de biomecánica de la FOSCAL, de estas representaciones tridimensionales se determinó combinar las dos ideas en una nueva opción de diseño que tuviese dos áreas (húmeda y seca) y partes compactas que integrasen los suministros y controles internamente (ej. caja de breakers eléctricos).

Figura 53. Registro fotográfico de la evaluación de las alternativas conceptuales



Por medio de la combinación de alternativas conceptuales 1 y 2 presentadas en las Figuras 51 y 52 respectivamente se genera la alternativa conceptual 3 ilustrada en la Figura 54. Ésta es un sistema de dos columnas; una de éstas es colgante

de área seca con una barra de soporte para bandejas, canastillas y/o cajoneras. Ésta integra 6 tomas de gases medicinales (2 de oxígeno, 2 de aire y 2 de vacío) requeridas por un paciente de UCI de tercer nivel. En la parte inferior integra tomacorrientes, que serían usados principalmente para la conexión del monitor de parámetros vitales y el ventilador mecánico. La otra columna, también colgante (área húmeda), contiene tomacorrientes para bombas de infusión y perfusión, barras de soporte y rieles (brazos de las barras). El sistema está montado sobre 2 perfiles que se instalarían en el techo por los cuales las columnas recorren la habitación de un extremo a otro.

La idea se analizó con miembros del personal de ingeniería biomédica de la FOSCAL y el personal de enfermería UCI. Se obtuvo como resultado las siguientes sugerencias:

- La columna de área seca debe integrar los suministros de gas y electricidad evitando el contacto entre éstos.

Figura 54. Alternativa 3: Combinación de las alternativas 1 y 2



- Redimensionar las bandejas, cajoneras o canastillas, dado que las soluciones actuales están sobredimensionadas para las necesidades del usuario.
- aportar a la apariencia visual por medio de la implementación de color en la carcasa del sistema.
- El material de fabricación debe tener alta resistencia a la corrosión y al desgaste, debido a que los productos de limpieza son fuertemente corrosivos.
- Integrar en el sistema un toma para red de datos que permita la transferencia de datos del monitor de signos vitales a la central de enfermería de la sala o unidad UCI.
- Verificar la resistencia de las barras de soporte, debido a que éstas deben soportar un peso considerable.
- Contemplar la modularidad del sistema para facilitar su transporte y ensamble.
- Aunque el movimiento de las columnas de un extremo de la habitación a otro es favorable para la atención del paciente, reconsiderar que el área disponible en las habitaciones o cubículos puede restringir el libre movimiento o desplazamiento.
- Las superficies de la columna deben ser accesibles para que permita fácil limpieza
- Contemplar la configuración flexible para adaptar la solución a diferentes necesidades UCI.

- El sistema debe integrar tomacorrientes suficientes para conectar todos los equipos que requiere un paciente.
- Considerar la posibilidad de permitir que desde una misma columna puedan ser atendidos dos pacientes que estén ubicados en cubículos contiguos
- La altura máxima de las tomas de gases medicinales debe estar al alcance del personal de enfermería y médico para que su uso no suponga una posición inadecuada.
- Incluir un botón o interruptor de llamado a enfermería.

Figura 55. Registro fotográfico de la evaluación de la alternativa 3



4.1.1 Modelo en madera de la alternativa 3. Se construye un modelo básico y primario en madera de la alternativa 3, mostrado en las Figuras 56 y 57. Éste permite evaluar la interacción del usuario con una idea tangible, comprobar el diagrama de estación de trabajo de la Figura 32 del capítulo 2, comprobar el volumen del sistema y facilita la especificación correcta de las dimensiones de las

columnas en etapas posteriores. Además, las propiedades del material de elaboración posibilitaron un análisis primario de la resistencia del sistema.

El modelo consta de módulos desarmables y representa las áreas del sistema; el área húmeda es constituida por un módulo sobre el que se ubicarían los componentes eléctricos (tomacorrientes reguladas y no reguladas) y tres barras de soporte para bombas de infusión. La columna de área seca es constituida por un módulo superior para gases, un módulo inferior para suministro eléctrico, una repisa para dar soporte al monitor de signos vitales y otra para dar soporte al ventilador mecánico, las repisas son ubicada en una barra frontal.

El modelo en madera de la alternativa 3 es evaluado por el personal de ingeniería biomédica. Como resultado de esta evaluación se determina que debido al espacio limitado de la habitación UCI es necesario unir las áreas húmeda y seca en una sola columna para minimizar el sistema reducir el espacio de ocupación. Además, se sugiere que el módulo de gases también tenga puertas laterales para facilitar el mantenimiento y reparación de ésta área (ya que en la columna de área seca, sólo el módulo eléctrico posee puertas) y no una tapa posterior como se presenta. Igualmente, son identificadas las dimensiones que podría tener la columna que integre las dos áreas del sistema y sus proporciones, éstas son ilustradas en la Figura 57; la idea de combinar las dos áreas en una misma columna es la idea que se diseña detalladamente a continuación.

Figura 56. Primer modelo alternativa 3, elaborado en madera (Esc._ 1:1)

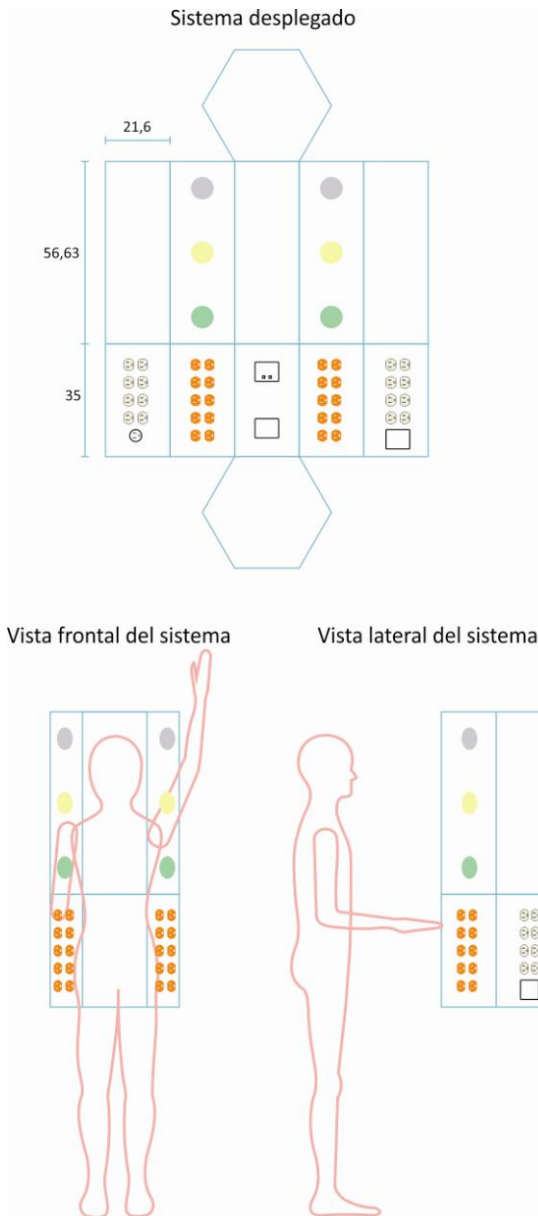


Figura 57. Columna Área Seca de alternativa 3, elaborada en madera (Esc._ 1:1)



El sistema de suministro que se detalla a continuación guarda proporción aurea, su altura fue fragmentada en dos segmentos dividiéndola por el número dorado 1,6180 con el objetivo de atribuir un carácter en la apariencia consiguiendo proporción entre sus medidas. El módulo de gases mantiene proporción aurea respecto al módulo eléctrico cuya altura es 1,618 veces menor, esto debido a que la distancia obligatoria de 20 cm. de centro a centro de cada toma de gas provoca mayor altura del módulo de gases. La decisión de dejar los gases sobre el suministro eléctrico se basa en la característica de los gases de expandirse y dirigirse hacia arriba, disponiendo los módulos de esa forma, se evita que alguna fuga de gas tenga contacto con el suministro eléctrico que está debajo. La relación de equivalencia también forma parte de la proporcionalidad del diseño mediante la simetría con la cual se logra que el lado derecho del sistema sea la reflexión del lado izquierdo.

Figura 58. Dimensiones del sistema con proporción áurea y simetría (cm)



4.2 DISEÑO DE DETALLE

Se inicia la actividad de diseñar contemplado los aspectos detallados y las especificaciones técnicas para construir el sistema. Es en este punto, donde son definidas las especificaciones del sistema.

El comienzo de esta parte del proceso es la fragmentación el problema con el fin de obtener soluciones que unidas conformen el nuevo sistema (una columna colgante). Entonces, se definen las características, funciones esenciales del producto y las partes que conforman el sistema de suministro teniendo en cuenta el diseño modular que “es el diseño basado en la modulación reticular de espacios que permite optimizar el tiempo de construcción y debido a que los módulos son transportables, desarmables y reorganizarles impulsa múltiples funcionalidades”³¹. “El aporte más importante que hizo el diseño modular fue la idea que para resolver un problema, conviene separarlo en partes más pequeñas que se puedan diseñar, desarrollar, probar y modificar de manera sencilla”³². Un sistema modular se caracteriza por:

- Fragmentación: División en subsistemas.
- Acoplamiento: Unión entre módulos que interactúan entre sí para formar una unidad superior.
- Cohesión: Fuerza de la relación funcional y de apariencia entre los módulos.
- Proporción: Relación entre las magnitudes de los módulos.

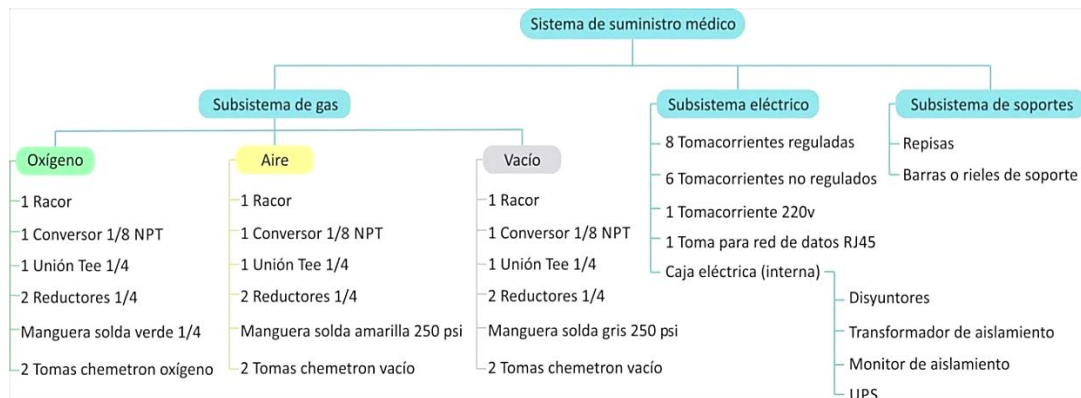
Como resultado se obtiene el diagrama de la división del problema, ilustrado en la Figura 58. En este diagrama el problema es dividido en tres subsistemas: de gas, eléctrico y de soporte. El subsistema de gas integra los suministros de oxígeno, aire y vacío, los cuales requieren de algunos elementos para su disposición (racores, conversores, reductores, uniones, mangueras y tomas *chemetron*). El subsistema eléctrico representa el suministro eléctrico, que consta de dos

³¹ WIKIPEDIA. Diseño modular. [En línea]. [Consultado el 20 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_modular>

³² FELIÚ, Francisca. Estructuras modulares. [En línea]. [Consultado el 20 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Estructuras_Modulares>

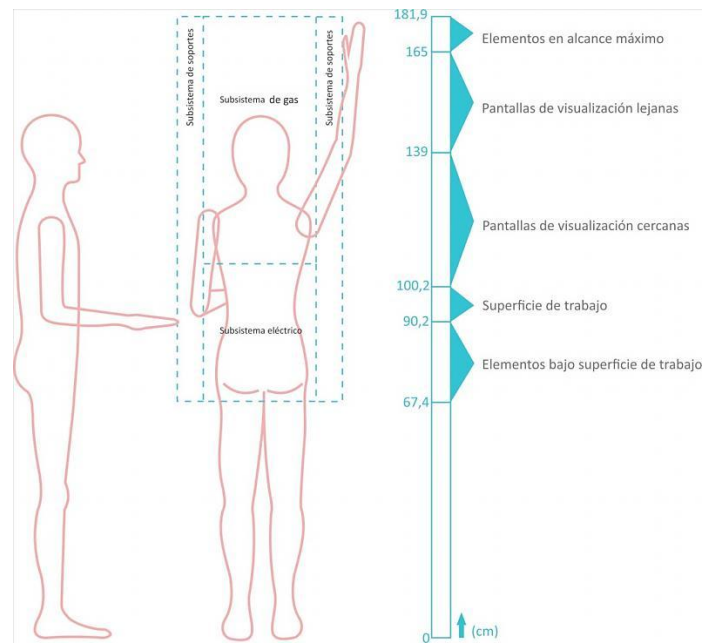
circuitos, uno regulado (tomacorrientes color naranja) y otro no regulado (tomacorrientes color blanco); este módulo contiene una caja metálica para la integración de disyuntores, un transformador de aislamiento, un monitor de aislamiento y una UPS. El subsistema de soportes es conformado por el conjunto de repisas, barras o rieles de soporte y canastillas u otros elementos que se utilizan para contener, soportar y sujetar equipos y dispositivos médicos.

Figura 59. Diagrama de la división del problema



Por otro lado, teniendo en cuenta aspectos funcionales y ergonómicos dados por el diagrama de estación de trabajo (Figura 32), se realiza el diagrama presentado en la Figura 59, éste contiene la distribución dimensional (alturas) de los componentes asociados a la columna. Uno de los factores más importantes que indica el diagrama, es que la altura a la que se ubican los elementos, no debe sobrepasar el alcance máximo del usuario, 181,9 cm.

Figura 60. Distribución dimensional (altura) de los componentes asociados a la columna.



4.2.1 Interpretación de colores y símbolos. Para conocer si los dispositivos de salida y los colores y símbolos con los que se diferencian e identifican los suministros del sistema son reconocidos por el usuario, fue aplicado un cuestionario de interpretación a seis miembros del personal de enfermería de la UCI del HUS con el fin de identificar para qué suministros se necesitan etiquetas o letreros. Para esto se usó el formato de la Figura 60, en el que el participante debía anotar el significado o lo que representaba para él cada imagen expuesta. En el cuestionario se ilustraron un tomacorriente naranja que representa el suministro eléctrico regulado (donde se conectan los equipos para que tengan una corriente constante y sin interferencias), dos tomacorrientes (uno blanco y otro beige) que representan el suministro eléctrico no regulado. Además se ilustraron los 3 tipos de tomas de gases medicinales, vacío (gris), aire (amarillo) y oxígeno (verde); también se presentó una imagen representando interruptores de alarma o luz y se expuso una imagen de tomas de datos para red.

Figura 61. Cuestionario de interpretación



PRUEBA DE INTERPRETACIÓN

Soy Cindy Rondón Cachopo, estudiante de diseño industrial y estoy desarrollando mi proyecto de grado SISTEMA DE SUMINISTRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS. Solicito respetuosamente su valiosa colaboración contestando la siguiente prueba.

Fecha: _____ Nombre: _____
 Cargo: _____ Edad: _____

1. Escriba en la columna "INTERPRETACIÓN" la interpretación o el significado que usted le da a las imágenes de la columna izquierda.

	INTERPRETACIÓN

Con los resultados obtenidos, se encuentra que el 92% de la interpretación de los participantes de los colores que diferencian los tipos de gases medicinales es correcta (Gráfico 4), sin embargo la implementación de los nombres de los diferentes tipos de gases en las tomas, es obligatorio. Por otro lado, los colores que diferencian las tomacorrientes reguladas y las no reguladas fue sólo en un 8% correcta (Gráfico 5), lo que hace visiblemente necesario el etiquetado de las tomacorrientes con los nombres de los diferentes tipos de corriente que suministran. Los símbolos de llamado a enfermería y de alerta fueron interpretados 100% correctamente (Gráfico 6) pero la mayoría de usuarios no conocen la función de la toma de datos para red ya que la interpretación de la ilustración que lo representa es errónea en un 86% (Gráfico 7).

Gráfico 4. Interpretación del tipo de gas medicinal según el color

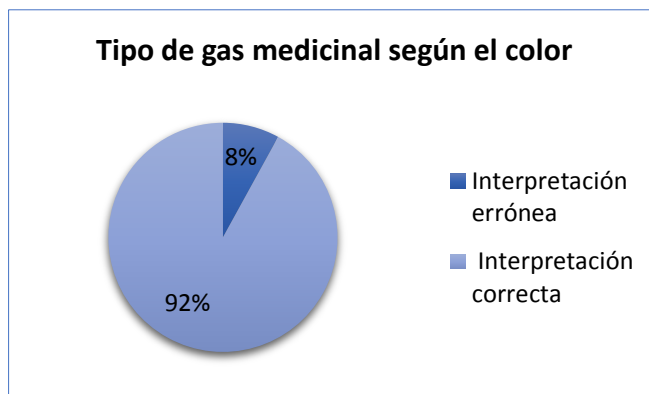


Gráfico 5. Interpretación del tipo de tomacorriente según el color

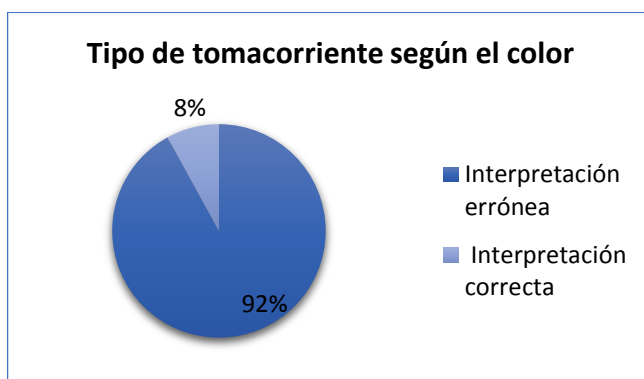


Gráfico 6. Interpretación de los símbolos de alerta y llamado a enfermería

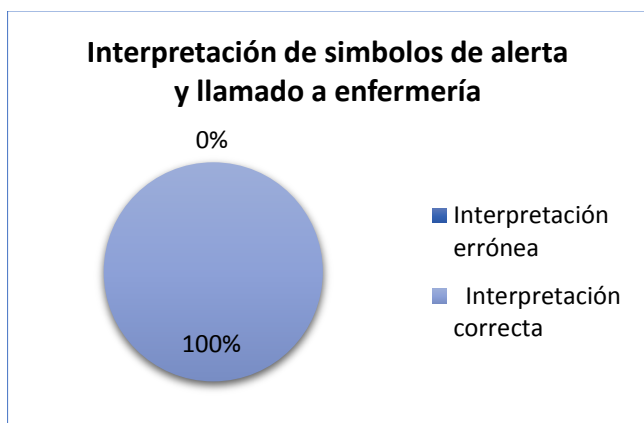
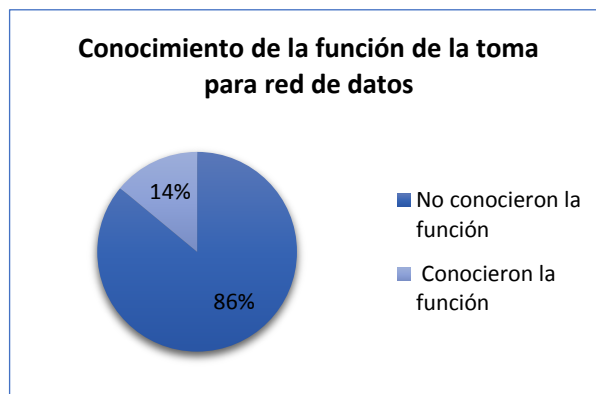


Gráfico 7. Conocimiento de la función de la toma para red de datos



4.2.2 Paleta de color, tipografía y tamaño. El color es un factor crítico en la usabilidad y experiencia de usuario al usar cualquier producto. En un ambiente hospitalario puede brindar al usuario un mapa cognitivo de la jerarquización del producto para que intuitivamente lo entienda y sepa cómo encenderlo, dónde empujar, halar, levantar y cuáles son las zonas o controles de interacción más importantes, entonces se puede usar el color para fragmentar las diferentes áreas funcionales del sistema. La aplicación del color forma la paleta presentada en la Figura 61, está basada en el punto 2.3.4 conceptos del color y se caracteriza por ser monocromática usando el color azul verdoso y colores neutros, la elección de las tonalidades del color acento está fundamentada por un proyecto realizado por dos artistas rusos, Vitaly Komar y Alexander Melamid, en 1993, quienes contrataron una empresa encuestadora profesional, a fin de que condujera un sondeo amplio de preferencias artísticas entre personas que vivían en diez países de Asia, África, Europa y las Américas³³, el resultado fue que el azul era el color preferido en todo el mundo, con el verde en segundo lugar, éste proyecto fue referenciado por Dennis Dutton en su artículo *Estética y Psicología Evolucionista*³⁴. Además el color “azul tiene un efecto calmante. Es generalmente considerado

³³ WYPIJEWSKI, J. *Painting by Numbers: Komar and Melamid's Scientific Guide to Art*. Nueva York: Farrar, Straus & Giroux, 1997.

³⁴ DUTTON, Dennis. "Aesthetics and Evolutionary Psychology" en "The Oxford Handbook for Aesthetics". Estados Unidos: Oxford University Press. 2003. [En línea]. [Consultado el 19 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://denisdutton.com/estetica_esp.htm>

como el tono más sereno y tranquilo. Esa es una de las razones por las que predomina en el diseño de dispositivos médicos. El verde también es calmante, y está asociado con el equilibrio, la armonía y la tranquilidad. Con suaves tonos de verde o azul en las zonas de acento de dispositivos se harán menos amenazantes, lo que es apropiado en un entorno clínico³⁵. Los significados anteriores de los colores son coherentes con el contexto al cual es aplicado el sistema. Al ser el color dominante el blanco, el diseño tendrá una fuerte connotación de limpieza y asepsia, además, éste color permite fácilmente el contraste usado para llamar la atención de la diferentes tomas de gases, tomacorrientes u otras salidas integradas en la columna. La paleta es acompañada indirectamente por los diferentes colores de los dispositivos médicos y unidades de salida de suministros que integra el sistema tales como rojo, naranja, amarillo y verde, los cuales ayudan al usuario a identificar los diferentes suministros del sistema.

Figura 62. Paleta de color

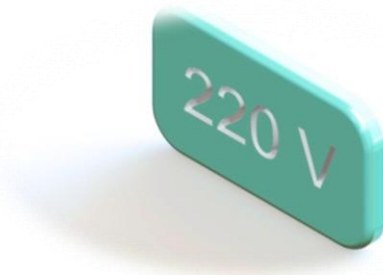


³⁵ *FORMA MEDICAL DEVICE DESIGN. Color in Medical Product Design.* [En línea]. [Consultado el 28 de mayo de 2013. Disponible en: <<http://www.formamedicaldevicedesign.com/color-in-medical-product-design/>>

La tipografía se usa en el sistema para etiquetar los diferentes suministros, su tamaño se especificó analizando la distancia de lectura con el fin de facilitar al usuario la percepción y comprensión. La tipografía que se usó para el desarrollo fue Calibri de tamaño 48 pt., un tipo de letra palo seco que según un estudio de Wichita State University, es una de las más populares para el correo electrónico, mensajería instantánea y presentaciones³⁶. A continuación un ejemplo de la tipografía y en la Figura 63 la etiqueta del tomacorriente de 220v como ejemplo:

Calibri

Figura 63. Etiqueta de 220v



4.2.3 Evolución de la alternativa. Durante el diseño detallado se presentan varias alternativas que se dieron gracia a la evaluación constante con miembros del personal de ingeniería biomédica hasta el punto en el que el diseño cumplió en totalidad con las necesidades y requisitos.

Al iniciar la evolución de la alternativa, la solución ilustrada en la Figura 63 es una columna constituida por un módulo hexagonal superior para gases y un módulo hexagonal inferior para tomacorrientes y posibles dispositivos de salida. Al detallar esta solución 1 se obtiene la solución 2 presentada en la Figura 64, ésta incluye bandejas y barras para el soporte y sujeción de equipos. Además, se brinda el

³⁶ WIKIPEDIA. Calibri. [En línea]. [Consultado el 20 de mayo de 2013]. Disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Calibri>>

movimiento en el eje horizontal de la columna, por medio de ruedas que se desplazan sobre dos perfiles doble T que se incrustarían en el techo.

Figura 64. Solución 1

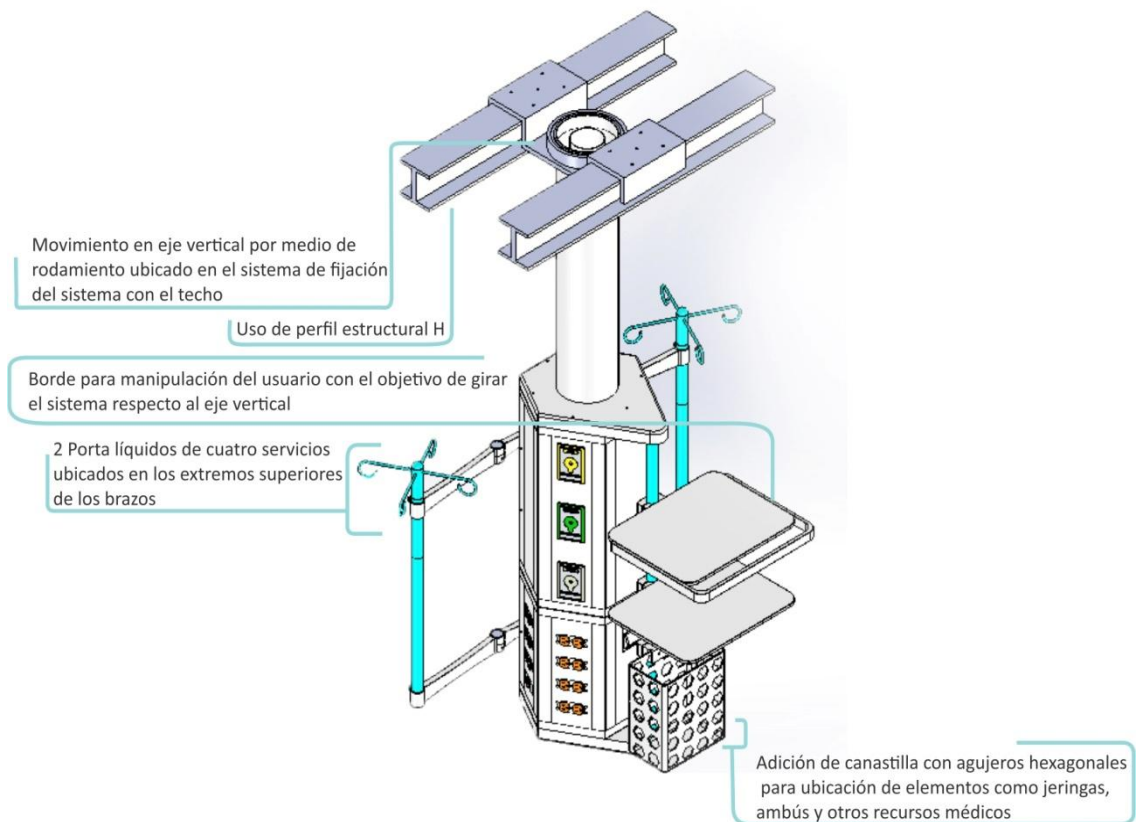


Figura 65. Solución 2



Al evaluar la solución 3 y realizar los cambios pertinentes, se presenta la solución 3 ilustrada en la Figura 65. Esta propuesta incluye un rodamiento sobre una placa ubicada en dos perfiles H, dos porta líquidos ubicados en la parte superior de dos barras de soporte para bombas de infusión, una repisa para monitor de signos vitales con borde para la controlar el movimiento de rotación en eje vertical, una repisa para soportar el ventilador mecánico y una canastilla para contener recursos médicos como resucitadores manuales (ambus).

Figura 66. Solución 3



Se realiza la evaluación de la Figura 65 y se llevan a cabo los cambios para obtener la solución 4 ilustrada en la Figura 66, en ésta se cambiaron los perfiles H de la anterior propuesta por perlines que soportaban una placa que integraba una caja en la cual iba el rodamiento, en esta propuesta se eliminó la repisa para el

ventilador mecánico ya que los que se van a implementar traen incluido un soporte móvil, los porta líquidos permitían ajustar su altura deslizándolos en las barras de soporte de bombas de infusión, la canastilla fue ubicada en a un lado de columna con el fin de despejar el frente de la misma y facilitar la manipulación de la toma de red de datos y el botón de llamado a enfermería.

Figura 67. Solución 4

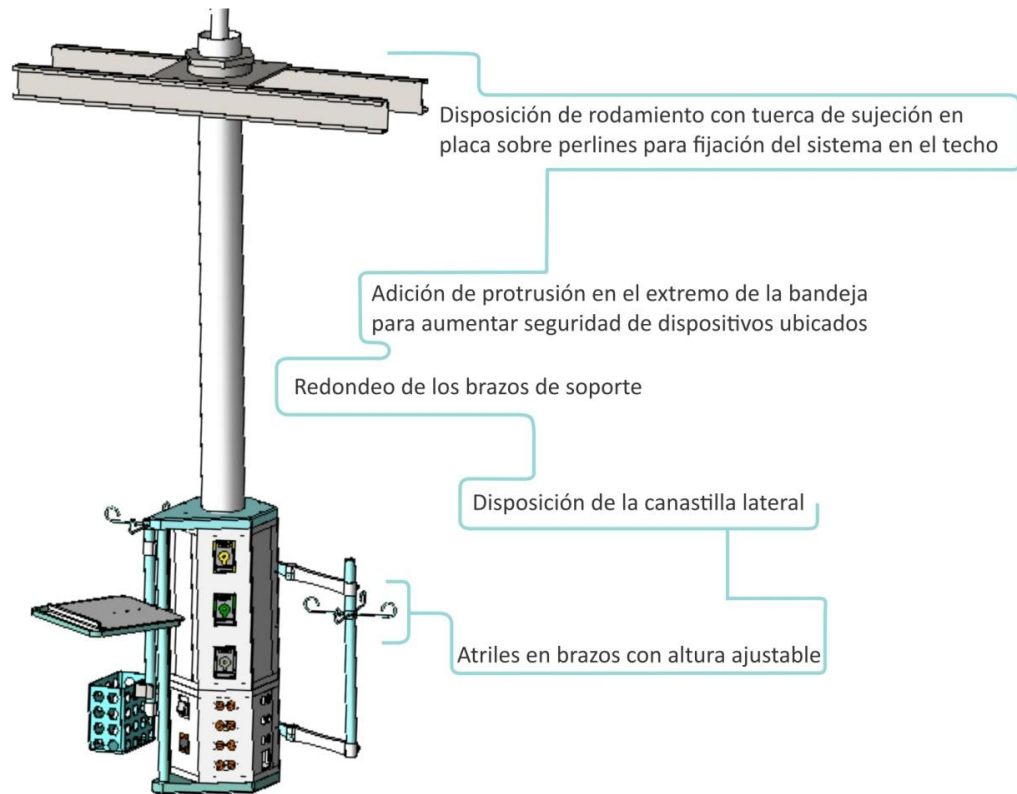
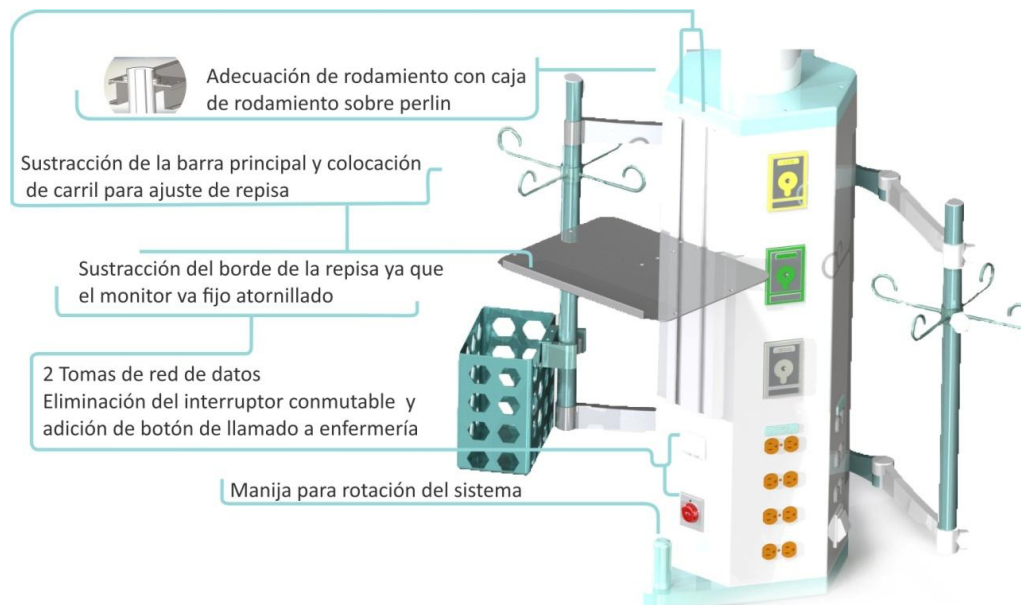


Figura 68. Solución 5

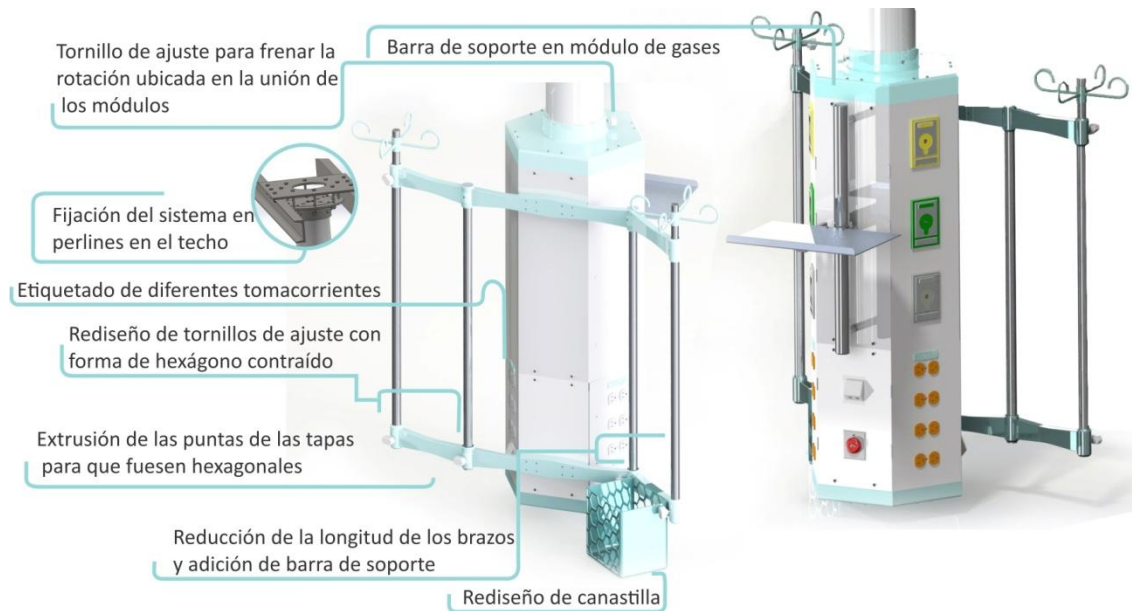


En la evaluación de la solución 4 se concluye que los picos que sobresalen de las tapas de los extremos de la columna deben extruirse ya que su función podría ser remplazada por una solución más eficaz. Por lo tanto, en la solución 5 ilustrada en la Figura 67, la tapa superior fue hexagonal, sin pico y la barra principal de donde se sujeta la repisa fue sustituida por un carril; la tapa inferior, mantuvo la forma que sobresalía a la cual fue incrustada una manija para que el usuario moviera la columna.

Sin embargo, al evaluarse la solución 5, se concluye que el carril no presenta facilidad de limpieza, por lo tanto en la solución final, las salientes de las tapas de los extremos son retiradas, así las tapas quedan totalmente hexagonales. Además, se incluye de nuevo la barra de sujeción principal pero se ubicada solamente en el módulo de gases, lo cual permite un mejor alcance por parte del usuario a la toma de red de datos y el botón de llamado a enfermería; los porta líquidos se disponen en un sistema telescópico el cual permite aumentar la altura de ubicación o disminuirla. En esa propuesta la distancia de los brazos a la columna disminuye y se adicionan dos barras de soporte; el acople del sistema con el techo también es

rediseñado y el rodamiento se re-ubica en el espacio donde se unen el módulo de gases y el módulo eléctrico.

Figura 69. Solución final



Solución final. En el diseño de la columna se hizo énfasis en la funcionalidad, el diseño final estuvo profundamente influenciado por la disponibilidad de los materiales y los procesos de construcción ya que las cotizaciones que han sido realizadas por el grupo de bioingeniería permitieron conocer la factibilidad del diseño en el momento en que sea construido el prototipo. La Figura 69 ilustra el diseño al cual se llegó, en ésta figura se puede observar la integración de los suministros necesarios para prestar atención UCI.

Figura 70. Diseño final



La columna está dividida en dos módulos principales, uno superior (módulo de gases) y uno inferior (módulo eléctrico), que se unen por tornillos estándar, lo que brinda una sujeción firme y permite la colocación del rodamiento en el área de unión. Para el tubo exterior se implementa un tubo de 6 pulgadas de acero inoxidable y para el tubo interno un tubo de 4 pulgadas. La columna se forma con una estructura interna realizada con perfiles cuadrados de 2 cm y perfiles con un ángulo a 60° unidos por soldadura. La estructura de cada módulo se rodea de seis paredes, de las cuales 4 forman dos puertas que permiten facilidad de mantenimiento y reparación, que es una de las mejoras que se pretenden lograr con el nuevo diseño.

Al formar la columna con los dos módulos, ésta lleva a sus extremos dos tapas con forma hexagonal; la tapa superior tiene un agujero para insertarse en el tubo de la columna, en ésta se ubica el tornillo de ajuste, el cual bloquea o permite el movimiento del sistema en el eje vertical. La columna tiene 4 brazos, los cuales sostienen las cuatro barras de soporte para bombas de infusión, éstos son móviles con libertad de 60°. El sistema presenta 2 porta líquidos de cuatro servicios los cuales tienen altura ajustable gracias a un sistema telescópico. La altura de la

repisa también es ajustable mediante el deslizamiento de su abrazadera en la barra principal de soporte. El suministro eléctrico brinda tres clases de tomacorrientes diferentes, etiquetadas el nombre del tipo: tomacorrientes regulados identificados con el color naranja, tomacorrientes no regulados identificados con el color blanco y un tomacorriente circular de 220v. Se ilustran las partes, dimensiones e implementación del sistema en las Figuras 70, 71 y 72 respectivamente. Las diferentes piezas del diseño final son modeladas y ensambladas digitalmente para posteriormente realizar los planos del sistema (ver Anexo F).

Figura 71. Partes del sistema de suministro

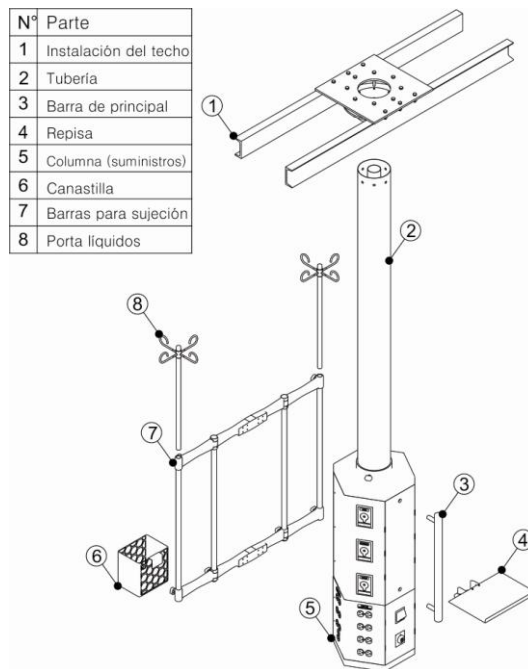


Figura 72. Dimensiones del sistema de suministro

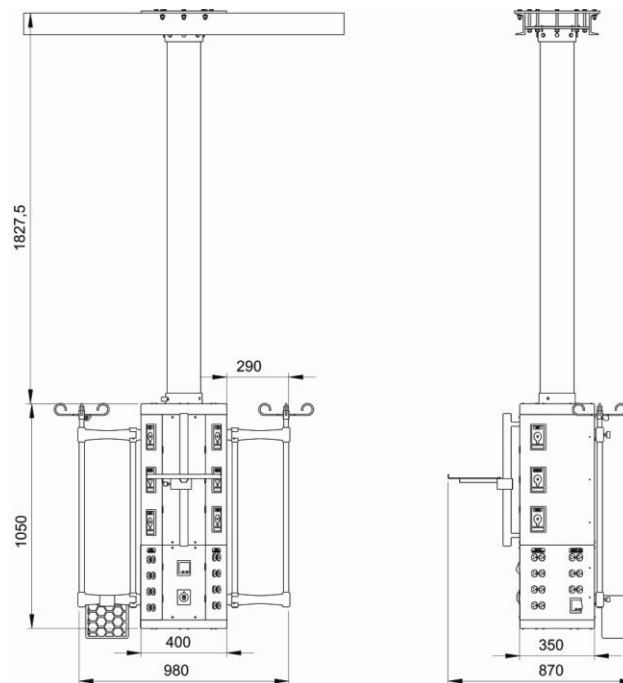


Figura 73. Esquema de implementación del sistema



En el transcurso del proceso de diseño se propusieron dos materiales con los cuales es posible construir la columna: acero inoxidable (AISI 304 L) y aluminio (6061). En las discusiones sobre cuál utilizar se enmarcaron las ventajas y desventajas de usar un material y no el otro, esto se hizo para analizar la viabilidad de usar ambos materiales o descartar uno que no satisfaga alguna necesidad enteramente. Las ventajas de usar el aluminio son que el aluminio es más económico que el acero. El sistema será más ligero ya que en un volumen constante, el peso del sistema en aluminio será 3 veces menor (densidades de 2700 kg/m^3 y 8000 kg/m^3), con un peso menor, los costos en material serán más bajos y el ensamblado será más fácil. El maquinado de este material es mucho más fácil, lo que significará menor costo en las partes maquinadas.

Sin embargo, existen varias desventajas con este material ya que algunos de los sistemas de la UCI de la FOSCAL contruidos en aluminio han presentado un hongo blanco después de cierto tiempo de uso. Además, el aluminio presenta menor resistencia a la corrosión que el acero inoxidable lo cual haría que la vida útil del sistema sea menor. El principal factor de elección es la resistencia y la seguridad de higiene que brinda el material por lo cual se elige el acero inoxidable 304L como material de construcción.

4.3 DISEÑO DE IDENTIDAD

Al inicio del diseño de identidad del sistema se busca la asignación de un nombre que mantenga coherencia con el producto, para eso se hacen partícipes a 8 miembros del personal de enfermería HUS y del personal de ingeniería biomédica FOSCAL mediante la aplicación de un cuestionario de identidad visual cuyo formato se ilustra en la Figura 73, éste aborda tanto conceptos que expresa el sistema como posibles nombres para el producto, el formato del cuestionario. Los resultados del cuestionario de identidad (ver Gráfica 8 y 9) resultaron de utilidad para lograr una solución gráfica.

En el diseño de identidad se aplica el principio “menos es más” con el fin de obtener un resultado sencillo que no conlleve a cargas, contaminación ni cansancio visuales. Así se obtiene un isologo sencillo cuya simplicidad permite que sea más legible, escalable, reproducible, distinguible y recordado (Fig. 74, 75 y 76).

Gráfico 8. Conceptos que expresa el sistema

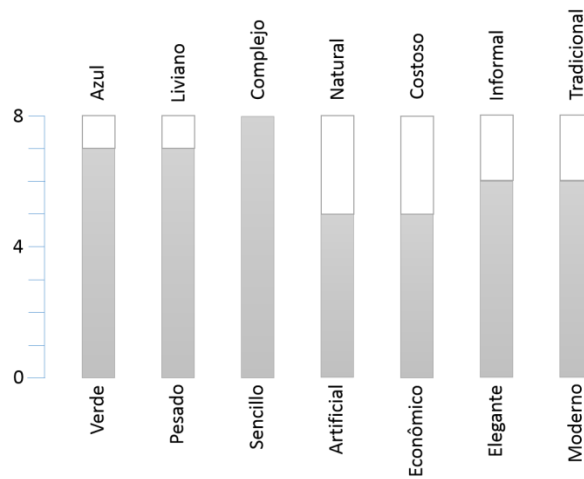


Gráfico 9. Elección del nombre

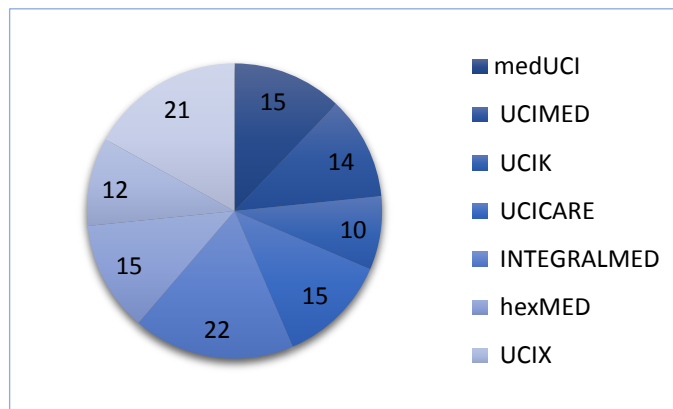


Figura 74. Cuestionario de identidad

CUESTIONARIO DE IDENTIDAD

Soy Cindy Rondón Cachopo, estudiante de diseño industrial y estoy desarrollando el proyecto de grado SISTEMA DE SUMINISRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS. Solicito respetuosamente su valiosa colaboración con este cuestionario.

Nombre: _____
 Cargo: _____

1. Marque con una x el concepto de cada par que más se acerque o represente el diseño propuesto.

- azul ___ o verde ___
- liviano ___ o pesado ___
- complejo ___ o sencillo ___
- artificial ___ o natural ___
- caro ___ o barato ___
- elegante ___ o informal ___
- moderno ___ o tradicional ___

2. Califique de 1 a 5 colocando una x en cada uno de los siguientes nombres.

Á	Nombre	Calificación				
		1	2	3	4	5
1	medUCI					
2	UCIMED					
3	UCIK					
4	UCICARE					
5	INTEGRALMED					
6	hexMED					
7	inMED					
8	UCIX					
9	HEXACARE					

¿Se le ocurre otro (s) nombre(s)?, ¿cuál(es)?

Figura 74. Logotipo

Integralmed

Figura 75. Proporciones del isologo

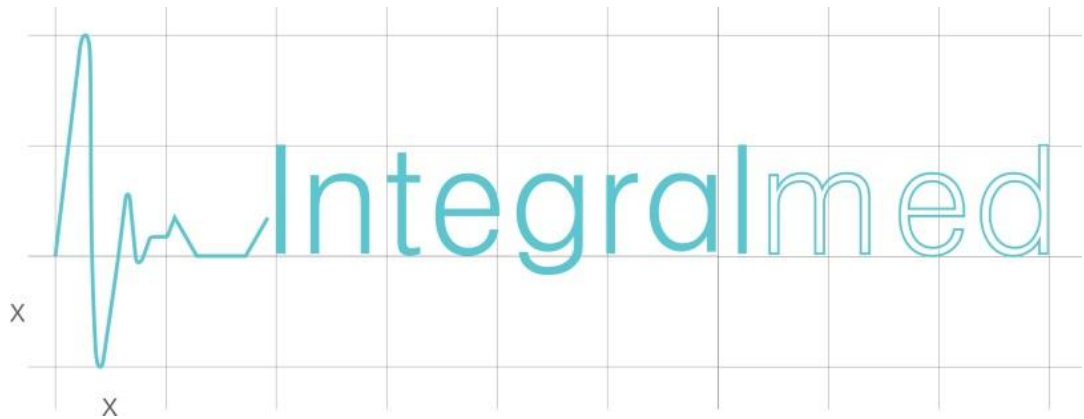
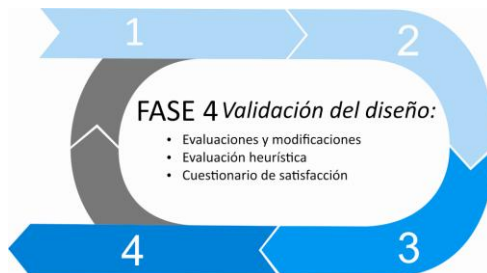


Figura 76. Isologo a color, escala de grises y blanco y negro



5. FASE 4. VALIDACIÓN DEL DISEÑO



Las evaluaciones del sistema actuaron como herramienta para comprobar que el diseño desarrollado fue interpretado correctamente y traducido a una solución eficaz. Los resultados de las pruebas pueden obligar al diseñador a revisar las decisiones tomadas con respecto al

diseño, es así como la comprobación del diseño se fundamenta en la seguridad de que la propuesta realizada suple las necesidades y requerimientos establecidos.

5.1 MODELO FUNCIONAL

Es un modelo que no representa en su totalidad el aspecto formal del producto ya que su objetivo es la comprobación en lo relativo a la operatividad y a la resistencia del sistema que se desarrolla. El modelo funcional presenta características visuales y de apariencia similares a las que tendría el diseño final, esto permite evaluarlo en aspectos expresivo formales; además, gracias a la utilización de materiales con rigidez suficiente (madera y acero), se pudo evaluar la viabilidad de los mecanismos de sostenimiento utilizados.

Figura 77. Modelo funcional



5.2 EVALUACIÓN ASISTIDA

Con la evaluación asistida se invita al usuario a realizar una serie de tareas y éste es observado por el diseñador (evaluador) que registra los problemas que se presentan, los comentarios que aporta el usuario y eventos de interés. Esta forma de evaluación permite al evaluador determinar qué tan bien el sistema ayuda al usuario a completar las tareas y también ofrece la opción de capturar información ofrecida por el usuario a medida que se avanza. La Figura 78 presenta el formato de ésta evaluación.

Figura 78. Formato de evaluación asistida

EVALUACIÓN ASISTIDA

	TAREAS		
	Ubicación de equipo de monitoreo y reanimación	Desplazar los brazos del sistema	Retirar el equipo médico
Factores que hacen difícil la tarea			
Efectos secundarios adversos ocurridos al realizar la tarea			
Resultados de la tarea			

En la evaluación asistida participaron siete personas miembros del personal de enfermería y médico, ellos interactuaron con el modelo y aportaron información valiosa para posteriores mejoras de diseño. En la Figura 79 se ilustra el momento de la aplicación de la evaluación

Figura 79. Registro fotográfico de la evaluación asistida



Producto de la evaluación asistida se encontraron dos problemas principales: el primero fue que el tamaño de los brazos estaba sobredimensionado y el segundo que eran necesarias dos barras adicionales para ubicar las 23 bombas de infusión (cantidad máxima requerida por un paciente en UCI. Estas sugerencias fueron consideradas e introducidas al modelo CAD utilizado para visualizar el sistema digitalmente y que facilitará la construcción futura del prototipo. El aspecto, tamaño, disposición de los suministros (en el modelo troqueles) y de los elementos de sujeción obtuvieron comentarios positivos y aprobación por parte del usuario.

5.3 EVALUACIÓN HEURÍSTICA

Una vez el diseño es corregido gracias a las sugerencias generadas en la etapa de evaluación asistida, es necesario probar su usabilidad con el fin de realizar correcciones y modificaciones necesarias para su buen funcionamiento. Es así como se aplica la evaluación heurística cuyos resultados sirven para incluir en las versiones siguientes de diseño, las modificaciones necesarias. Ésta evaluación consiste en verificar la calidad de una serie de principios o heurísticas previamente establecidas (véase Anexo B). La valuación se realiza con la colaboración de 3

personas (según Nielsen³⁷, pionero de la prueba heurística, esta cantidad es suficiente para obtener resultados verídicos) expertas miembros del personal de ingeniería biomédica de la FOSCAL. En la Figura 80 se presenta el formato de la evaluación heurística. Los resultados obtenidos son ilustrados en el Gráfico 16, éstos son satisfactorios con lo que se concluye que el diseño logró sus objetivos.

Figura 80. Formato de Evaluación Heurística

Universidad Industrial de Santander

EVALUACIÓN HEURÍSTICA

Soy Cindy Rondón Cachopo, estudiante de diseño industrial y estoy desarrollando el proyecto de grado SISTEMA DE SUMINISRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS. Solicito respetuosamente su valiosa colaboración con este cuestionario.

Nombre de evaluador : _____
Cargo: _____ Fecha: _____

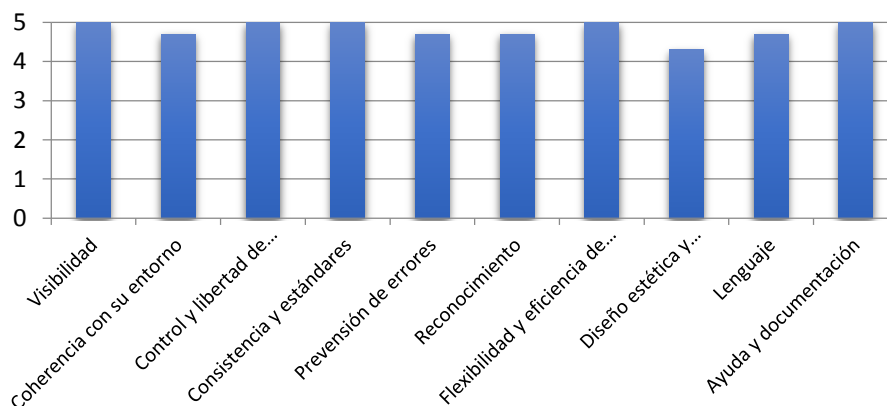
Teniendo en cuenta las características del producto, califique de 1 a 5 colocando una x en cada uno de los principios heurísticos del diseño. *1= Principio incumplido totalmente, 2= principio incumplido, 3= principio incumplido parcialmente, 4=principio cumplido medianamente, 5=principio cumplido totalmente.

PRINCIPIOS HEURISTICOS		Calificación				
		1	2	3	4	5
1	Visibilidad					
2	Coherencia con su entorno					
3	Control y libertad del usuario					
4	Consistencia y estándares					
5	Prevención de errores					
6	Reconocimiento					
7	Flexibilidad y eficiencia de uso					
8	Diseño estético y minimalista					
9	Lenguaje					
10	Ayuda y documentación					

Sugerencias: _____

³⁷ NIELSEN, Jakob. *How to conduct a heuristic evaluation*. {En línea}. (1 de diciembre de 1995). Disponible en: <<http://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>>. {Citado el 28 de enero de 2013}.

Gráfico 10. Resultados de Evaluación Heurística



5.4 CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN

Con la aplicación de éste cuestionario se obtiene el grado de satisfacción de los usuarios del sistema de suministro, también se capturan impresiones subjetivas formadas por los usuarios, que se basan en sus experiencias, en el modelo funcional presentado, en el proceso de diseño expuesto y en el diseño final visualizado por medio de la modelación CAD. En la realización del cuestionario participaron 4 miembros del personal de enfermería del HUS y cuatro miembros del personal de biomédica de la FOSCAL. En la Figura 81 se presenta el formato del cuestionario de satisfacción en el cual los participantes valoran de 1 a 5 seis ítems dados, además de aportar sugerencias y comentarios.

Figura 81. Formato del Cuestionario de satisfacción



CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN

Soy Cindy Rondón Cachopo, estudiante de diseño industrial y estoy desarrollando el proyecto de grado SISTEMA DE SUMINISTRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS. Solicito respetuosamente su valiosa colaboración con este cuestionario.

Nombre: _____
 Cargo: _____

Valore de 1 a 5 colocando una x en cada uno de los ítems de la siguiente tabla. *1= Muy mal, 2= mal, 3= regular, 4=bien, 5=muy bien. Si tiene sugerencias anótelas en la última fila.

1. ¿Cómo valora los siguientes ítems? (seleccione con un círculo)		VALORACIÓN				
		Muy mal	Mal	Regular	Bien	Muy bien
1.1	Calidad del producto	1	2	3	4	5
1.2	Grado de facilidad de uso del producto	1	2	3	4	5
1.3	Nivel en que el producto satisface las necesidades del usuario	1	2	3	4	5
1.4	Confianza al usar el producto	1	2	3	4	5
1.5	Claridad y utilidad que brinda el producto	1	2	3	4	5
1.6	Valore el proyecto en general	1	2	3	4	5
2. Aportes o sugerencias						

Los resultados obtenidos presentados en el Gráfico 17 fueron satisfactorios lo que indica el cumplimiento con los objetivos de diseño. El momento de la aplicación del cuestionario es registrado en la Figura 82.

Gráfico 11. Resultados de cuestionario de satisfacción

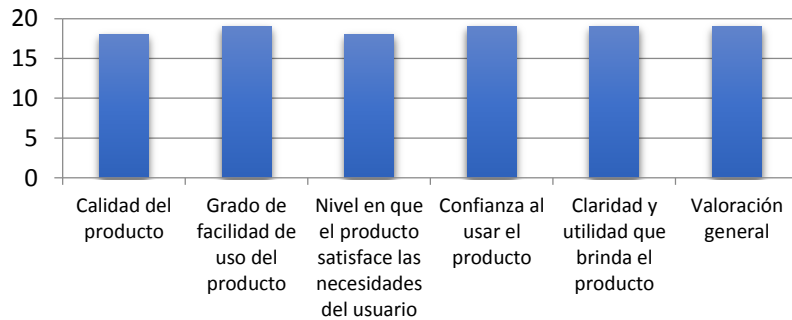


Figura 82. Registro fotográfico del cuestionario de satisfacción



5.5 PRESUPUESTO

El presupuesto es dividido en dos partes, la primera es presentada en la Tabla 9 y contiene los costos de los aspectos de mano de obra y verificación (cuestionarios, evaluaciones, entrevistas y visitas de campo) realizados durante el desarrollo de diseño. La segunda parte presentada en la Tabla 10, contiene los costos de la realización de los modelos de diseño. En conclusión el valor invertido en el proyecto fue de \$1.830.000.

Tabla 9. Presupuesto para el desarrollo del diseño

Concepto	Coste
Horas mano de obra	600
Valor de mano de obra	600.000
Valor de pruebas de verificación e informes	230.000
Subtotal	830.000

Tabla 10. Presupuesto para la construcción de modelos

Modelo	Valor
Modelo inicial de madera	300.000
Modelo funcional	700.000
Subtotal	1.000.000

5.6 ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA

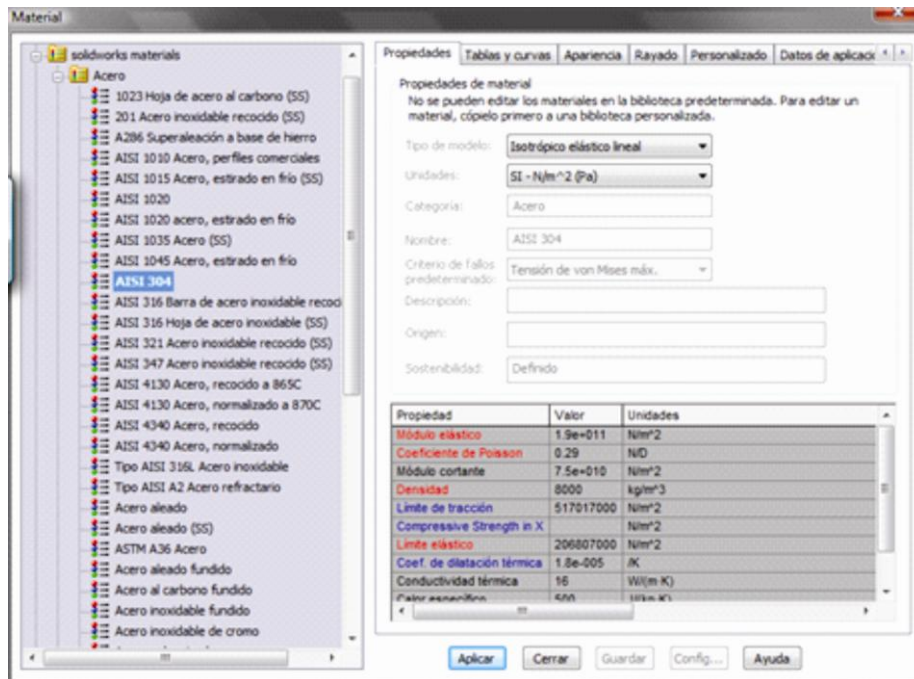
Dado que el proceso de diseño de la columna colgante de suministro médico comprendió la producción de una solución de factible fabricación fue usada la ingeniería asistida por computadora (CAE) para comprobar la factibilidad constructiva del sistema propuesto. Para validar la resistencia mecánica del sistema se utilizó el software SolidWorks, el cual brinda la posibilidad de someter a fuerzas el diseño final y realizar simulaciones para detectar posibles fallas. La resistencia mecánica del sistema fue estudiada para valorar las características, propiedades y viabilidad de la columna. En el estudio estático, se especifica el material, se aplican las cargas estáticas como fuerzas o presiones, se especifica también la gravedad (con dirección y sentido) se identifican los puntos de fijación y se ejecuta la simulación para posteriormente obtener los resultados. Cuando las deformaciones son pequeñas, se supone que las fuerzas no cambian durante el proceso de deformación, así como tampoco cambia la rigidez del sistema. El presente estudio tiene como objeto la obtención de conclusiones sobre el comportamiento del sistema de suministro. Para obtenerlas es ineludible suponer fuerzas actuantes sobre el modelo, para así poder comprobar que el diseño será fiel a condiciones próximas reales.

Ya que una de las funciones principales del sistema de suministro es el soporte de dispositivos, fue esencial especificar la capacidad máxima de carga. Por lo tanto, fueron efectuadas pruebas a las partes donde se ejerce mayor carga en sistema, tales son: los brazos para bombas el soporte de bombas de infusión, la repisa para la colocación del monitor de signos vitales, el tubo que soporta toda la

columna y permite la fijación del sistema en el techo y canastilla donde se guardan herramientas médicas, usualmente resucitadores manuales. Así mismo, una de las consideraciones importantes fue la longitud de los brazos, los cuales rotan sobre un eje y podrían ser vulnerables a fallas si la carga soportada excede la capacidad del material. Al tener el sistema un peso aproximado de 54 kg si se construye en aluminio o de 160 kg si se construye en acero inoxidable, el tubo fijado en el techo que sostiene la columna debería soportar esa carga más la masa de los dispositivos médicos que se integrarían en el sistema de aproximadamente 100kg, sumaría 260 kg, multiplicados por la gravedad resulta que la fuerza mínima que debería soportar el tubo fijo en el techo es de 2548 N. Mediante la simulación con herramientas CAE se verificó la resistencia del sistema.

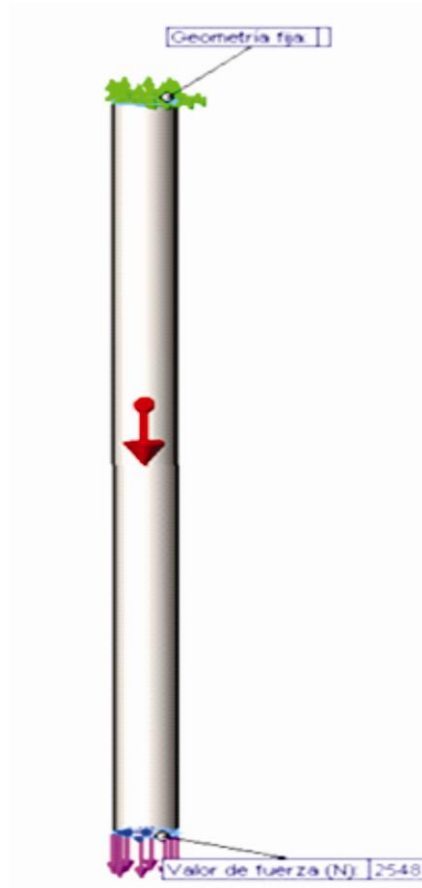
Inicialmente se aplica la estática manualmente para realizar los cálculos de las fuerzas que se ejercen en el sistema, luego, un estudio estático de SolidWorks permite la obtención de las tensiones, los desplazamientos, las deformaciones unitarias y los factores de seguridad de las partes evaluadas resultantes de la aplicación de cargas estáticas (fuerzas calculadas manualmente). El material escogido (ver Figura 83) para la simulación con herramientas CAE es el acero inoxidable 304, un material resistente a la corrosión causada por líquidos u otras sustancias, a la oxidación, a los golpes y esfuerzos al que son sometidos los sistemas de suministro médico. Además es un material resistente al impacto, lo que brinda seguridad de soporte y sujeción de equipos y dispositivos.

Figura 83. Selección del material



5.6.1 Estudio estático del tubo exterior. Esta pieza sostiene la columna en el techo, soporta la fuerza producida por el peso del sistema y los dispositivos integrados en ésta. En ésta simulación la fuerza designada es de tracción (ver Figura 84) y es aplicada proporcionalmente en la cara inferior del tubo. Ésta fuerza es un dato obtenido a partir de multiplicar la masa del sistema más la de los dispositivos por la gravedad $F_y = -2548 \text{ N}$.

Figura 84. Aplicación de la fuerza y especificación de fijación



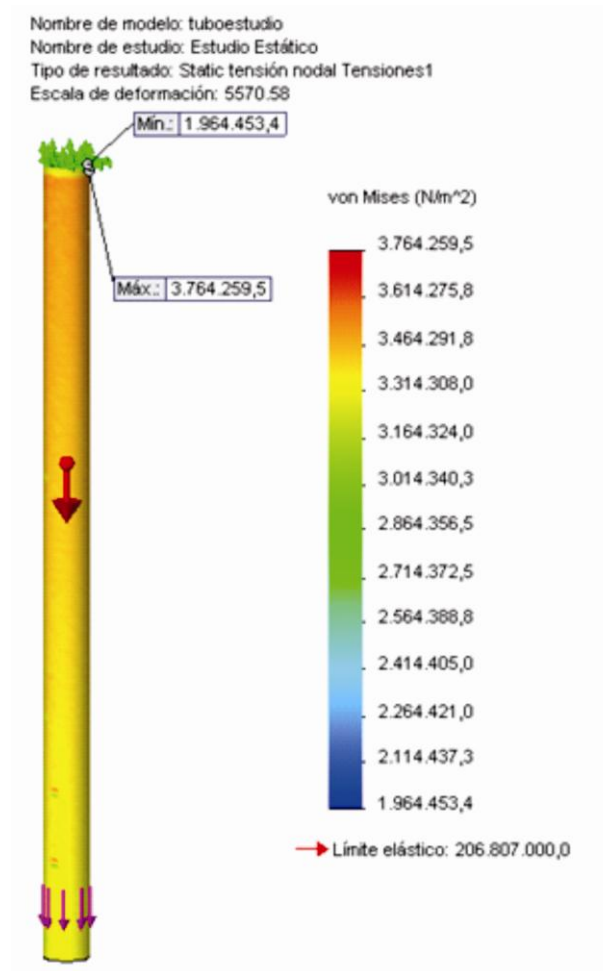
Se realiza posteriormente la simulación para el estudio de las tensiones, los desplazamientos, las deformaciones unitarias y los factores de seguridad generados sobre la pieza del modelo 3D y se obtienen los resultados presentados a continuación.

Tensiones. Se exponen a continuación los resultados adquiridos por medio de la simulación una vez ésta finaliza. La Tabla 11 contiene los resultados obtenidos mediante el cálculo de Von Mises en el análisis para las tensiones de la estructura cuando se aplican cargas estáticas. La Figura 85 muestra la distribución de las tensiones a lo largo de la pieza.

Tabla 11. Tensiones de la primera simulación del tubo exterior

	Von Mises (N/m ²)
Tensión Mínima	1.964.453,4
Tensión Máxima	3.764.259,5

Figura 856. Tensiones en el tubo exterior



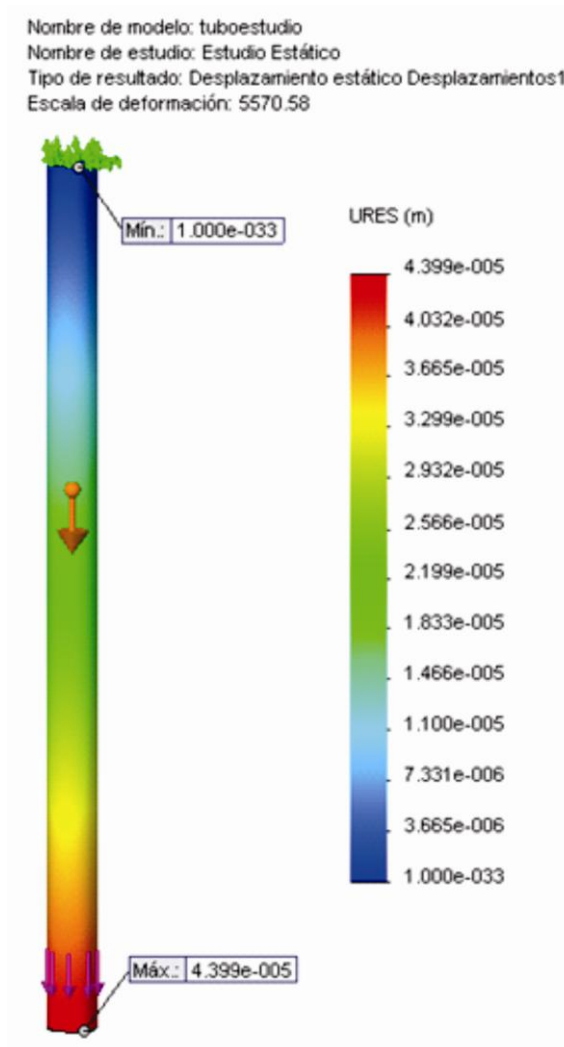
Las tensiones anteriores generan alargamiento en el cuerpo del tubo debido a las fuerzas aplicadas en el eje vertical. En la Figura 85 puede verse como las tensiones están repartidas a lo largo del tubo, donde la tensión máxima se encuentra en el extremo superior ya que es éste el lugar de fijación.

Desplazamientos. Los desplazamientos generados por la aplicación de las fuerzas producen cambios de posición del cuerpo del tubo, las magnitudes de éstos se registran en la Tabla 12 y se ilustran en la figura 86.

Tabla 12. Desplazamientos del tubo primera simulación

	Desplazamientos (mm)
Desplazamiento Mínimo	1e-030
Desplazamiento Máximo	0,043

Figura 86. Desplazamiento del tubo primera simulación



Análisis de los resultados

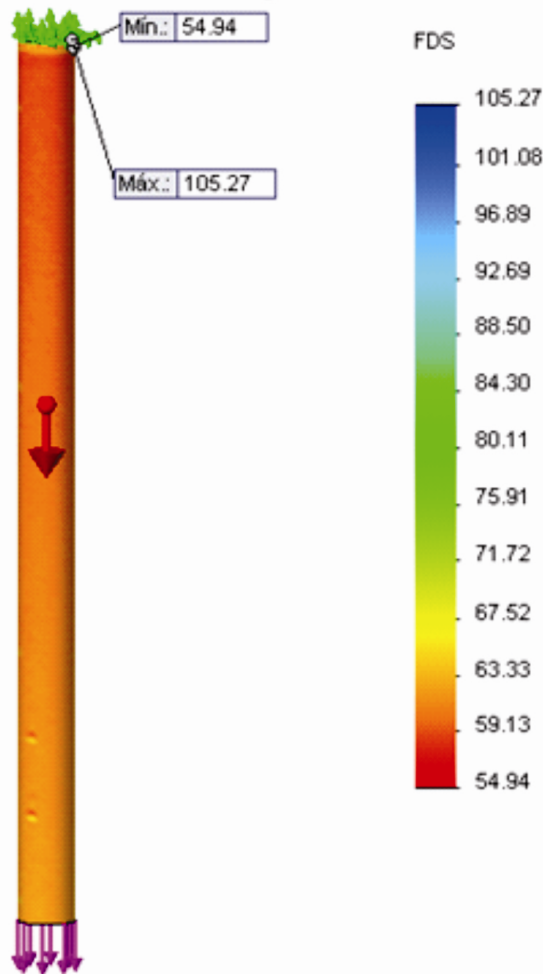
El objetivo de analizar los resultados es discernir si las piezas del sistema se mueven dentro del rango elástico del material o por el contrario, se mueven dentro de un rango plástico produciendo deformaciones permanentes en el modelo del deslizador, lo que sería perjudicial para el funcionamiento del mismo.

Se tiene que el tubo soportó una $\sigma_{max} = 3,76$ MPa y la tensión del límite elástico del material es $\sigma_{lim} = 206,80$ Mpa. Entonces se puede apreciar que la tensión máxima de la simulación es lejana con la de su límite, por lo cual no plastifica. Esto quiere decir que se mueve dentro del rango elástico y por tanto las deformaciones que se presenten serán recuperables. Por lo cual el factor de seguridad es considerablemente alto, éste se puede apreciar en la Figura 87.

$$n = \sigma_{lim} / \sigma_{max} \rightarrow n = 55$$

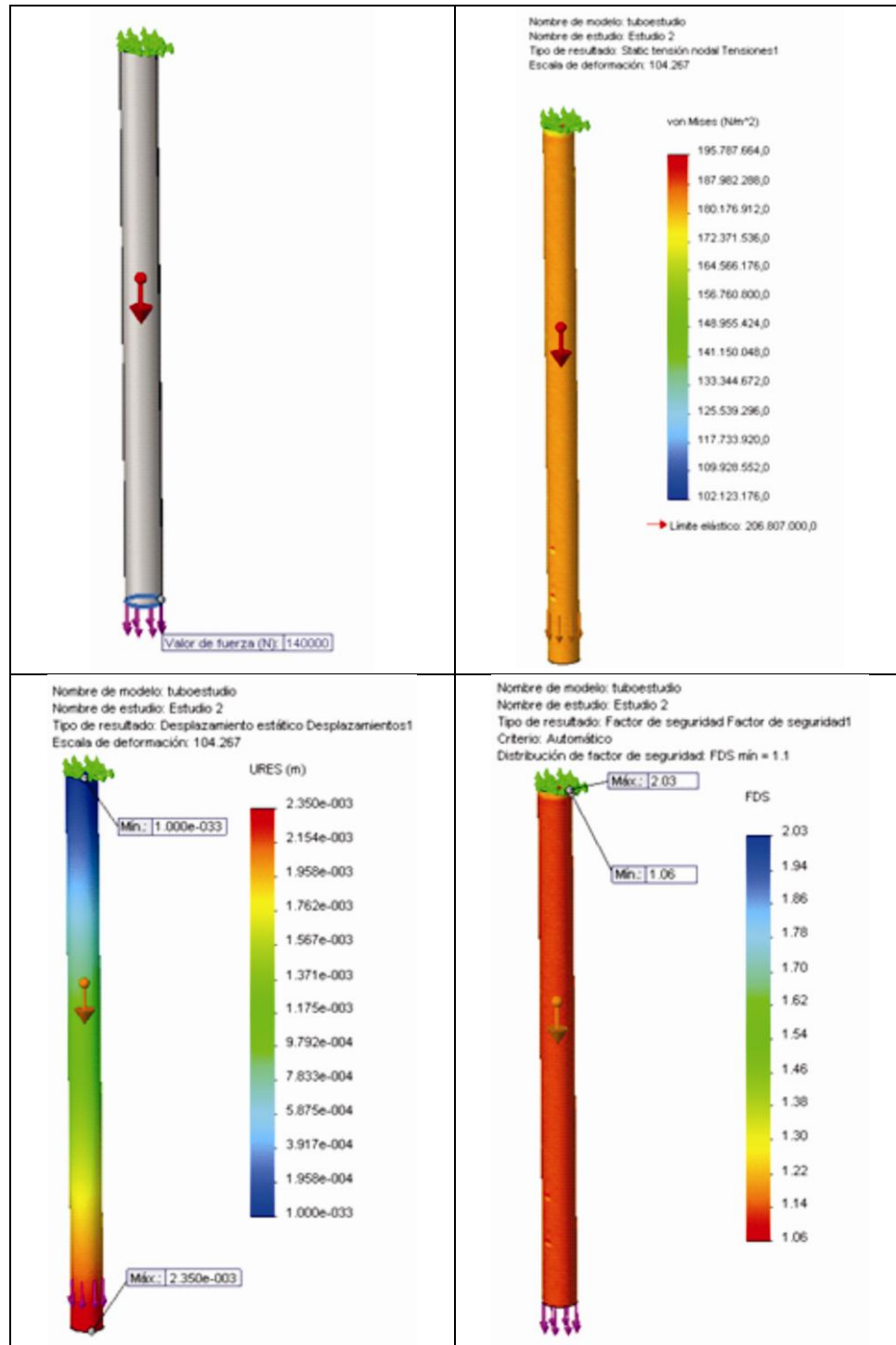
Figura 88. Factor de seguridad del tubo

Nombre de modelo: tuboestudio
Nombre de estudio: Estudio Estático
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 55



Adicional al estudio anterior, se realiza con el tubo un segundo estudio que tiene como fin aplicar la carga máxima que soporta la pieza sin presentar falla. Para hallar esa carga se efectúan varios estudios hasta llegar a la fuerza en la que el factor de seguridad es mayor que uno y se acerca uno. La Figura 88 muestra los resultados obtenidos después de la simulación. Producto de este estudio se determinó que la fuerza máxima que resiste el tubo es de 140.000 N.

Figura 87. Aplicación de la fuerza máxima



5.6.2 Estudio estático del tornillo M10. Ocho tornillos de éste tipo permiten la sujeción del sistema en el techo, por lo cual cada tornillo debe soportar la carga provocada por el peso del sistema y de los dispositivos médicos. Por eso, la carga ejercida por el sistema, más la carga de los dispositivo se divide entre ocho (2548N/8), lo cual arroja una fuerza de 318,5 N. Los valores de los resultados del estudio estático del tornillo M10 pueden verse en la Tabla 13 y en la Tabla 14, además, éstos se ilustran en las Figuras 89 y 90.

Tabla 13. Tensiones máximas y mínimas del tornillo M10

	Von Mises (N/mm ²)
Tensión Mínima	0,021
Tensión Máxima	8,310

Tabla 14. Desplazamiento mínimo y máximo del tornillo M10

	Desplazamientos (mm)
Desplazamiento Mínimo	1e-030
Desplazamiento Máximo	0,002

Figura 880. Resultados de tensiones del tornillo M10

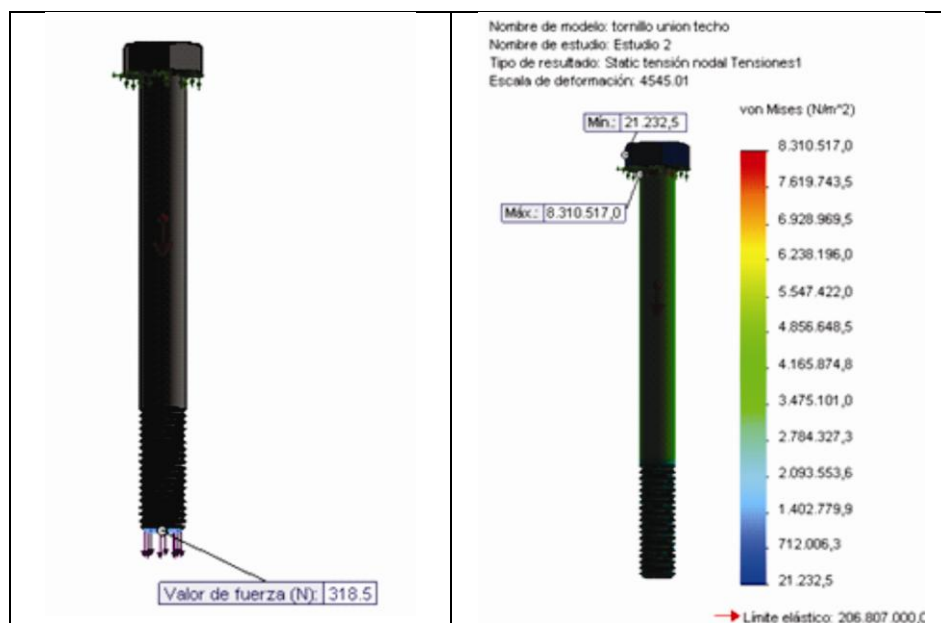
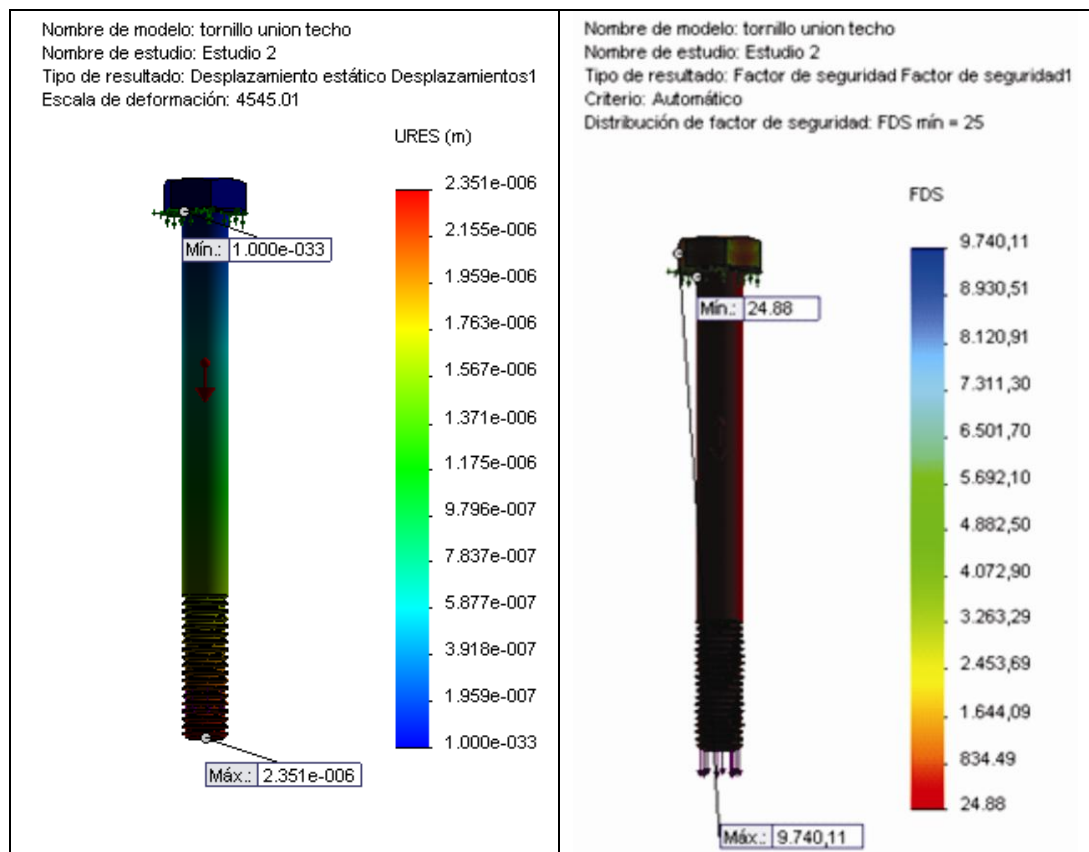


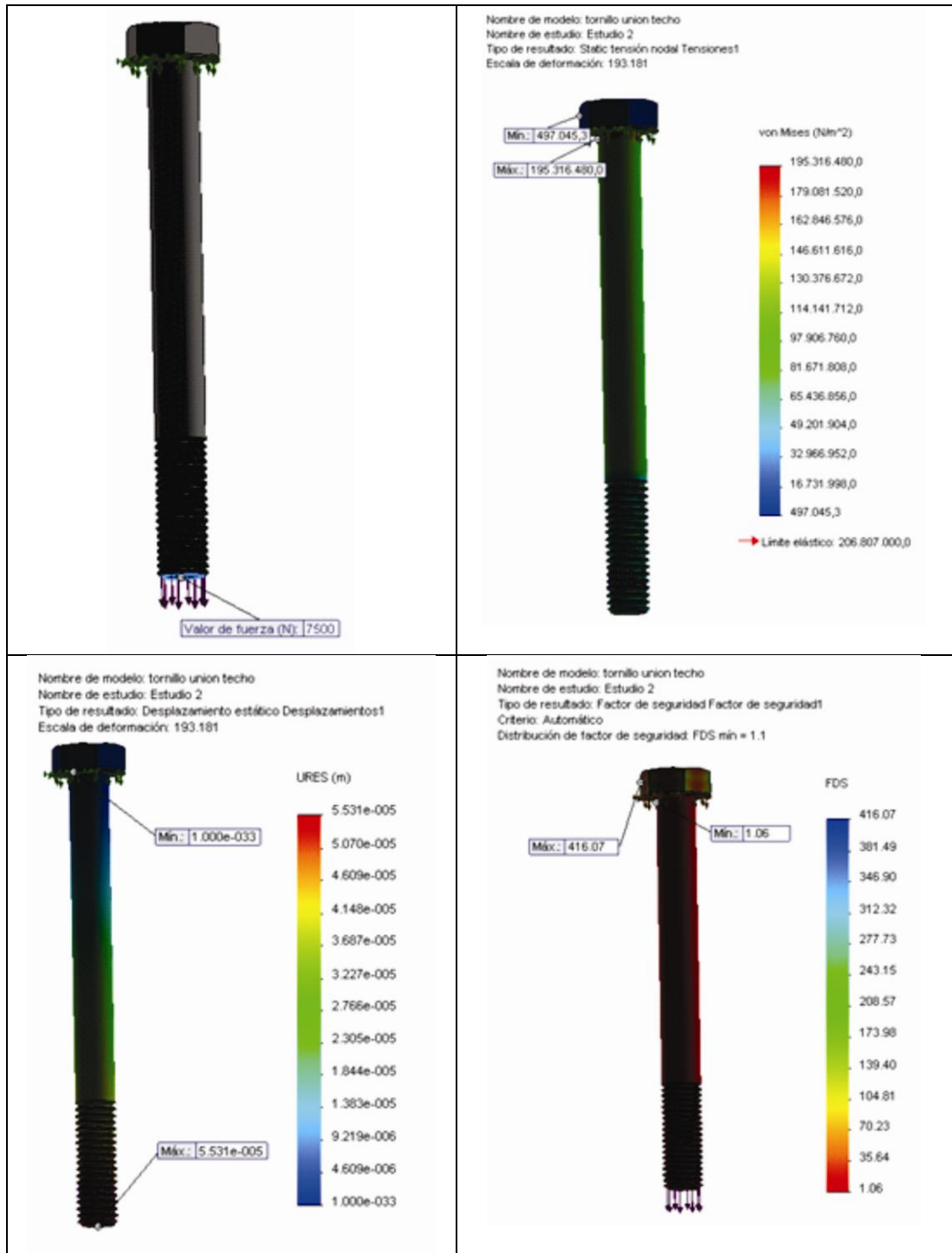
Figura 89. Resultados de desplazamiento y



En la Figura 89 puede observarse que las mayores tensiones del tornillo se ubican cerca a la cabeza hexagonal en un área de contacto con la placa a la cual se sujeta, ya que es donde se transmiten las fuerzas axiales que soporta el tornillo. Los valores del factor de seguridad mostrado en la Figura 90 indican que el tornillo resiste la carga aplicada sin presentar falla ya que el factor de seguridad mínimo es 25. Además la tensión máxima (8.3 N/mm^2) no excede el límite elástico del material ($206,8 \text{ N/mm}^2$), así que los desplazamientos que se presenten no serán permanentes.

Se realizó un segundo estudio estático con la carga máxima que resiste el tornillo. Ésta fue calculada realizando varios estudios hasta obtener un factor de seguridad que indicara la no presencia de fallas. La fuerza máxima resultante es 7500N . En la Figura 91 se ilustran los resultados de la simulación.

Figura 90. Resultados de la aplicación de la carga máxima que soporta el tornillo



5.6.3 Estudio estático del antebrazo. Esta pieza del sistema es la que soporta el peso de las bombas de infusión o los dispositivos ajustados en las barras de soporte laterales. Teniendo en cuenta que el número máximo de bombas de infusión necesarias por paciente es 23 con una masa aproximada de 4 kg cada una y que el soporte de carga es realizado por dos antebrazos con dos extremos cada uno, es calculada la fuerza que soporta cada extremo del antebrazo, 225,63 N. La fuerza calculada se aplicó (ver Figura 92) en cada extremo de los brazos y se realizó la simulación. Los resultados indican que no se presentan fallas ni desplazamientos permanentes, éstos se presentan en las Figuras 93, 94 y 95, y los valores mínimos y máximos de las tensiones y de los desplazamientos en la Tabla 15 y en la Tabla 16.

Tabla 15. Resultado mínimo y máximo de la tensión del antebrazo

	Von Mises (N/mm ²)
Tensión Mínima	0,00032
Tensión Máxima	63,45

Tabla 16. Resultado mínimo y máximo del desplazamiento del antebrazo

	Desplazamientos (mm)
Desplazamiento Mínimo	1e-030
Desplazamiento Máximo	0,061

Figura 91. Aplicación de las fuerzas en el antebrazo

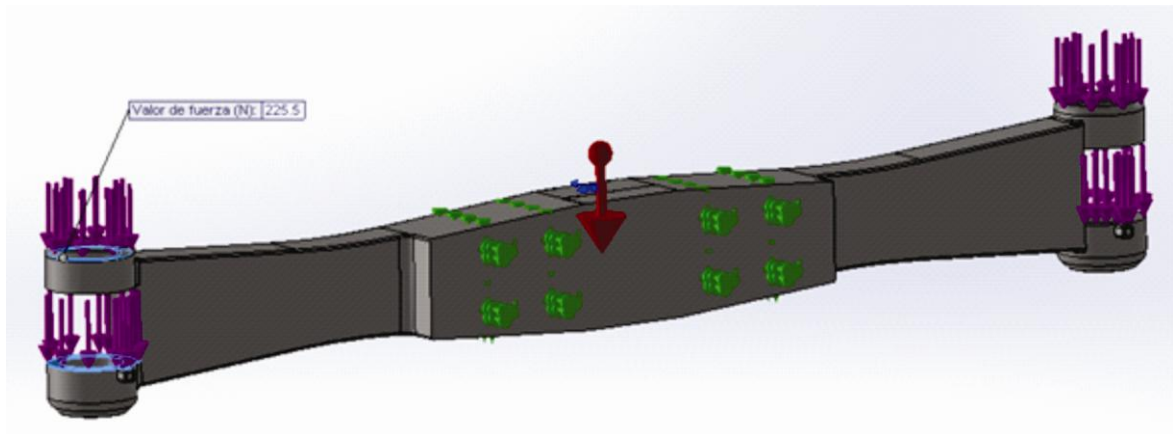


Figura 92. Resultados de las tensiones del antebrazo

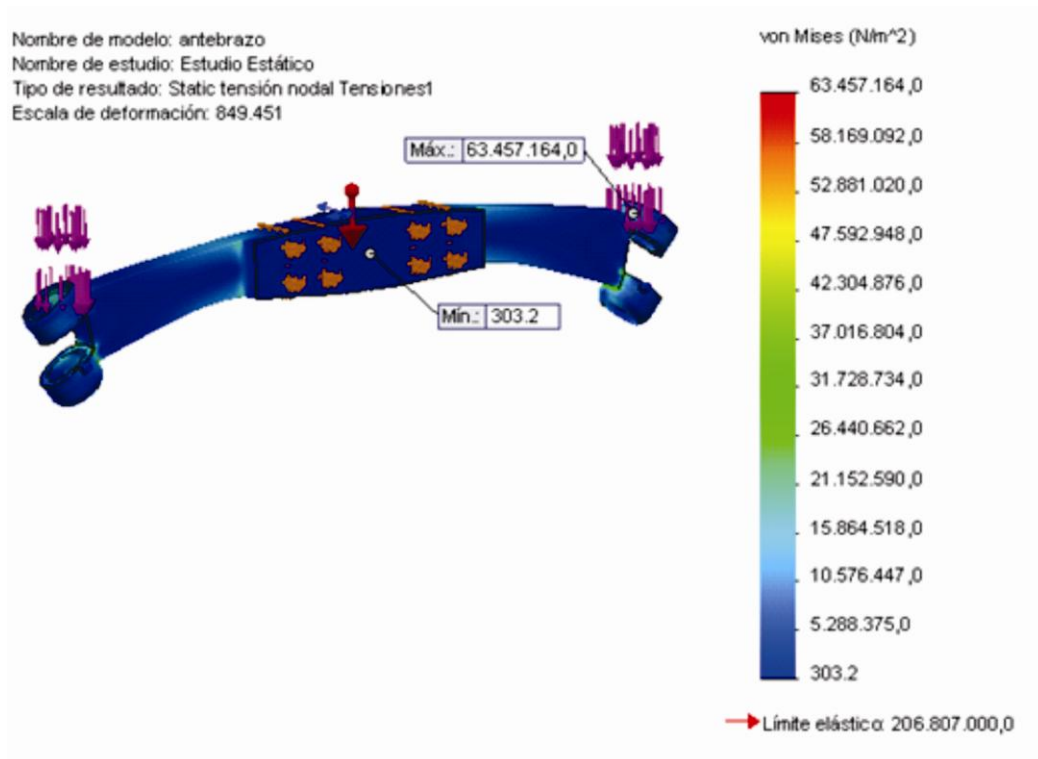


Figura 93. Resultados de los desplazamientos del antebrazo

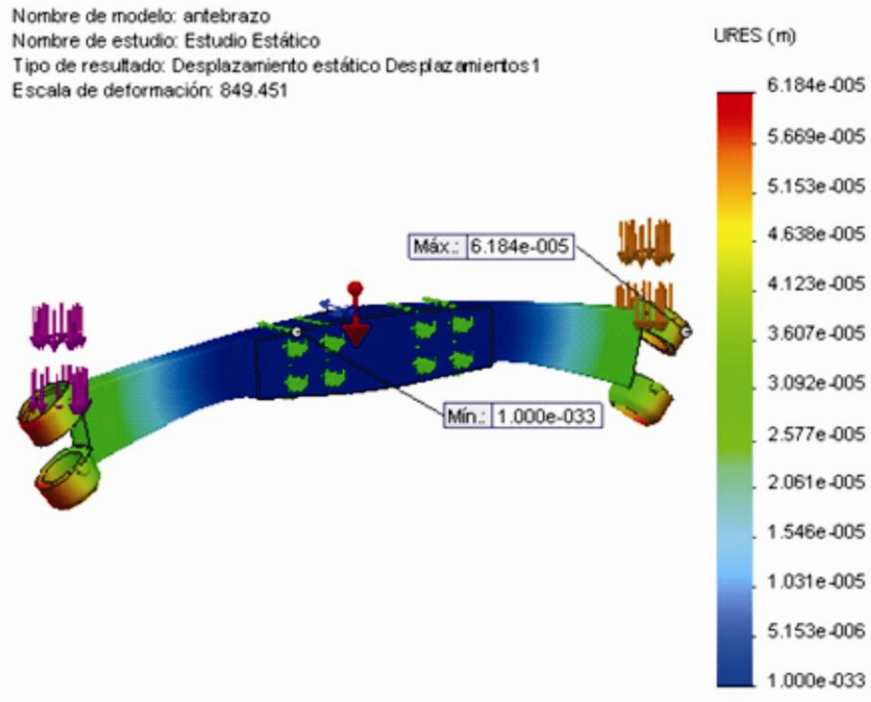
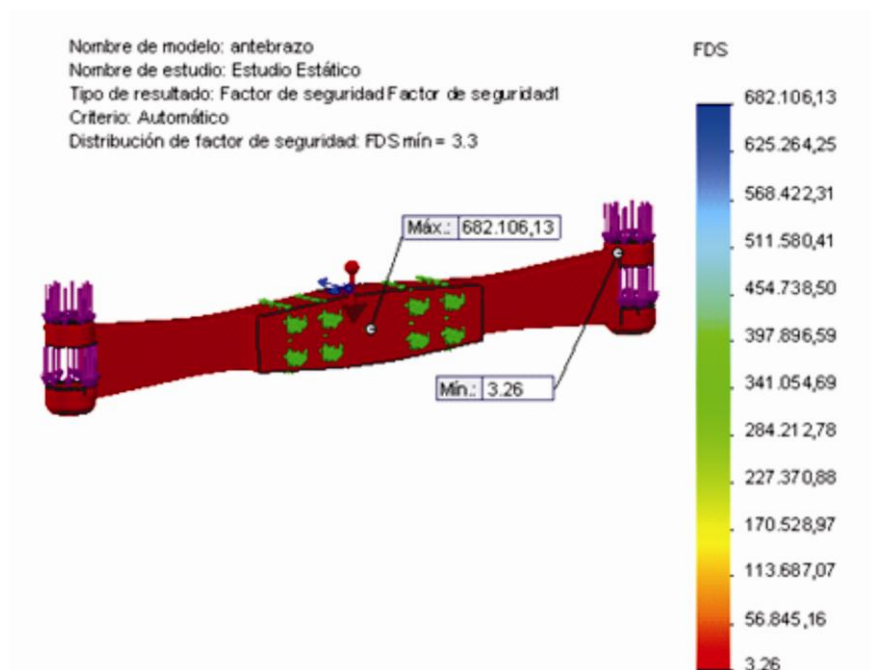


Figura 94. Resultados de los Factores de seguridad del antebrazo



Se efectúa un segundo estudio estático con la carga máxima que resiste el antebrazo, que se encuentra mediante la realización de varios estudios estáticos hasta dar con un factor de seguridad que indique la resistencia máxima. Ésta carga es de 700N. Los resultados obtenidos después de la simulación se presentan en las Figuras 60, 61 y 62.

Figura 95. Resultado de las tensiones del antebrazo con carga máxima

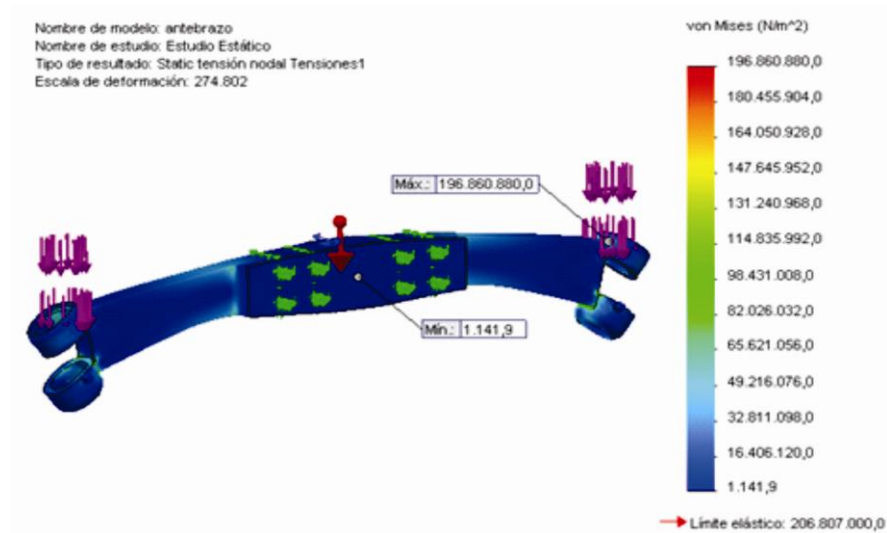


Figura 96. Resultado de los desplazamientos del antebrazo con carga máxima

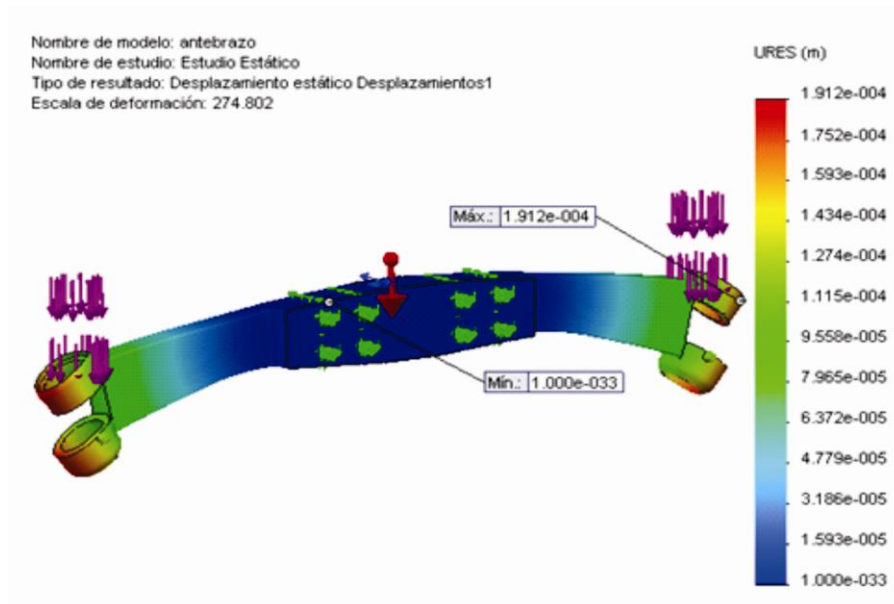
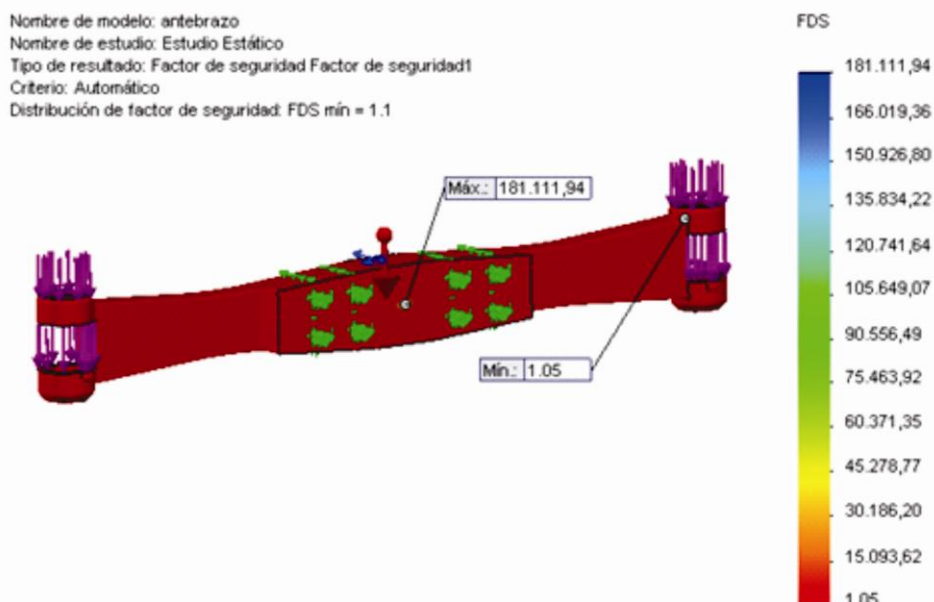


Figura 979. Resultados de los factores de seguridad del antebrazo con carga máxima



5.6.4 Estudio estático de la repisa. La repisa soportará la carga generada por el monitor de signos vitales u otros equipos médicos. Para la simulación del comportamiento de ésta parte del sistema se aplicó una fuerza de 98,1N y se realizó la simulación con la que se obtuvieron resultados presentados en las Tablas 17 , 18 y la Figura 99 que indican la resistencia de la repisa a la carga ejercida sin aparición de fallas ni deformaciones.

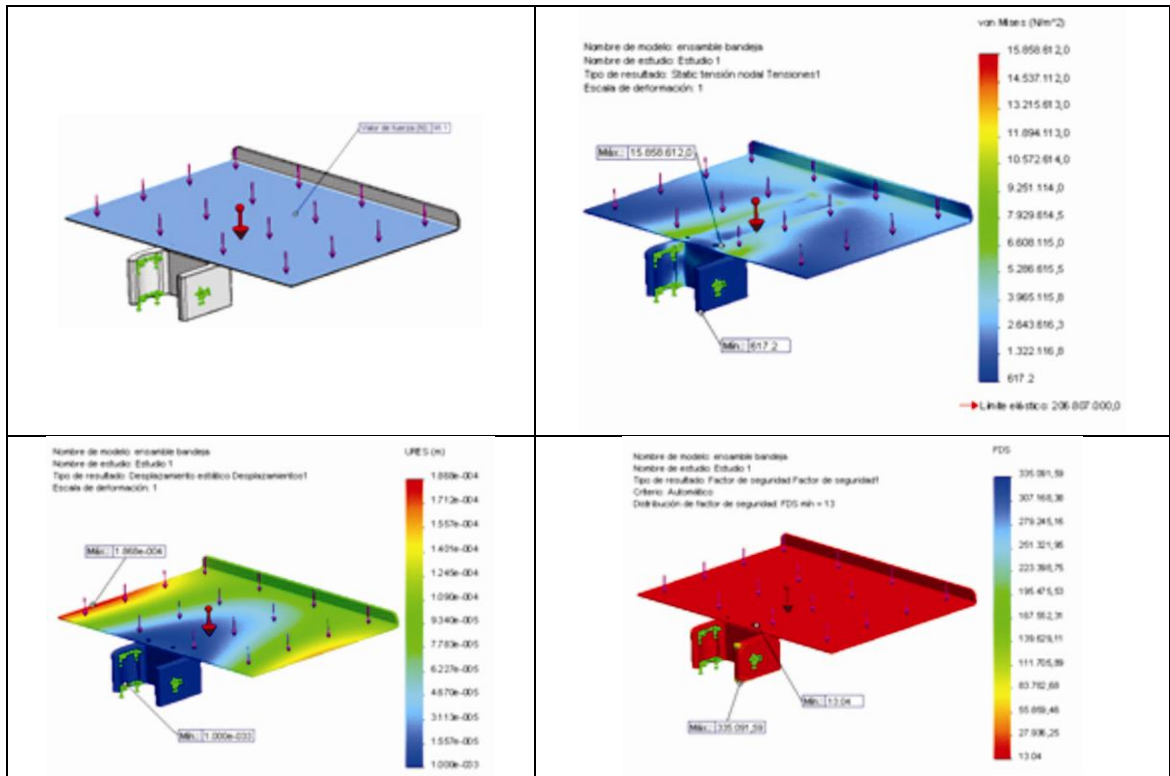
Tabla 17. Resultados mínimos y máximos de tensiones de la repisa

	Von Mises (N/mm ²)
Tensión Mínima	6,17e-4
Tensión Máxima	15,858

Tabla 18. Resultados mínimos y máximos de tensiones de la repisa

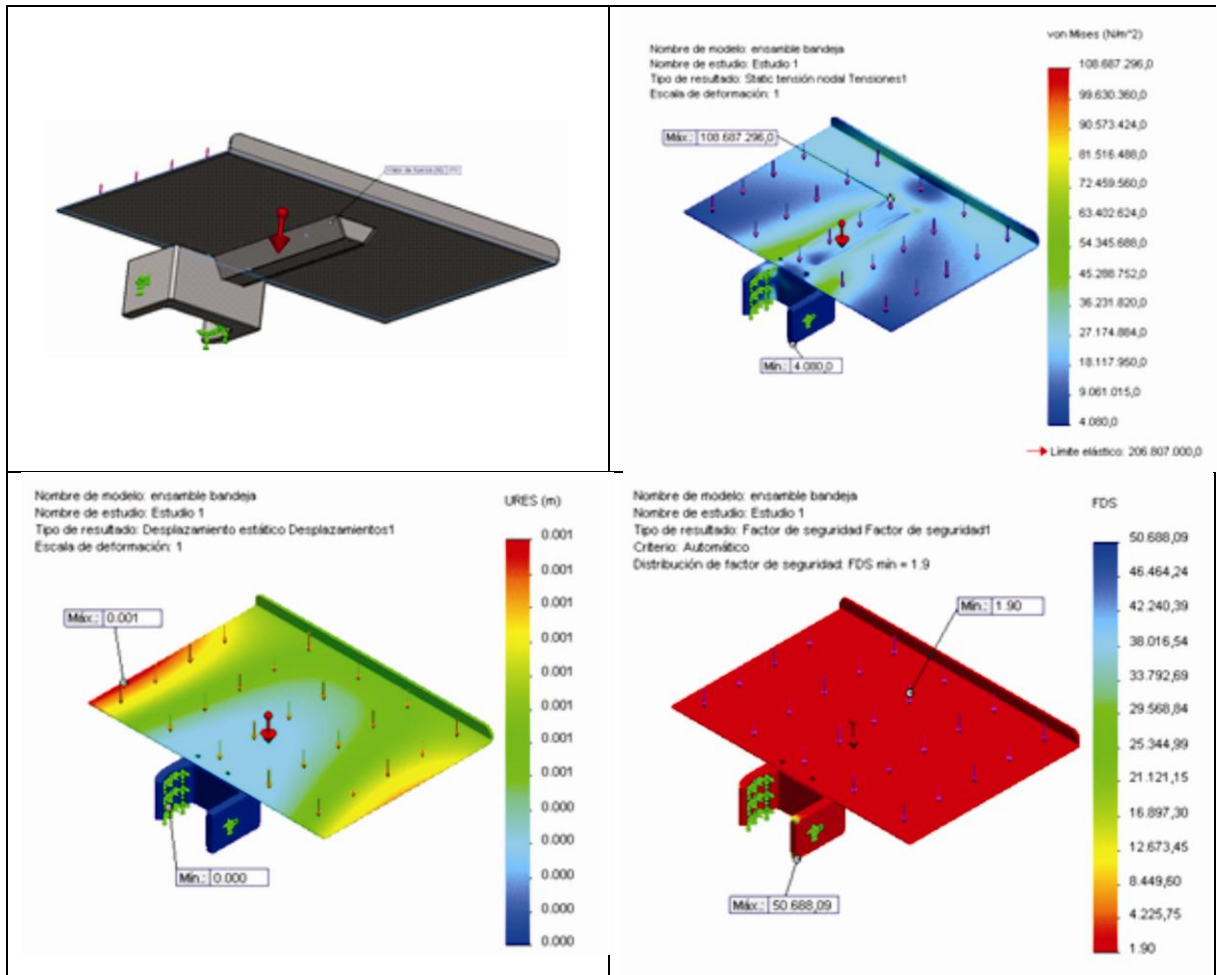
	Desplazamientos (mm)
Desplazamiento Mínimo	1e-030
Desplazamiento Máximo	0,186

Figura 100. Resultados del estudio estático de la repisa



Se realiza otro estudio estático con el fin de conocer el comportamiento de la repisa al aplicarle la carga máxima, que se halla mediante la realización de varios estudios estáticos hasta dar con un factor de seguridad que indique la resistencia máxima. Ésta carga es de 850N. Los resultados obtenidos después de la simulación se presentan en la Figura 100.

Figura 98. Resultados del estudio estático de la repisa con la carga máxima



6. CONCLUSIONES

De forma coherente con los objetivos y alcances planteados en este proyecto de grado, se generó un sistema de suministro colgante, capaz de integrar los diferentes equipos y suministros médicos usados en un cubículo o habitación UCI. Por otro lado, la distribución de las partes del sistema diseñado facilita la organización de toda la habitación, colaborando así en la obtención de un ambiente tranquilo tanto para el usuario, como para el paciente.

El análisis tanto de las ventajas y desventajas de las soluciones actualmente existentes en el mercado, como de las unidades de suministro medico usadas en UCI de la ciudad de Bucaramanga permitió determinar las características necesarias en el sistema diseñando. De forma similar, la consulta de normas nacionales e internacionales, además de la información relacionada con los tipos de unidades y suministros presentes generalmente en una unidad de suministro médico ayudó a establecer de los requerimientos, fundamentales para el diseño del sistema.

Sumado a lo anterior, la modularidad permitió obtener un sistema configurable a distintas necesidades, coherente con el ambiente de uso, de fácil manejo y con baja carga cognitiva y estimulación, para ser usado en un ambiente organizado y armónico. El uso de un diseño sencillo facilita la visualización de los equipos y garantiza la seguridad y fácil accesibilidad al momento del mantenimiento. Además, la generación de una solución basada netamente en datos antropométricos de la población a la que va dirigida el diseño garantiza que sea el sistema el que se adapta al usuario y no el usuario el que deba adaptarse al sistema, esto optimiza el rendimiento del personal de atención y monitoreo UCI.

Por último, también se concluye que el sistema diseñado, basado en la metodología iterativa, contribuye a acrecentar el historial de soluciones desarrolladas para facilitar el desenvolvimiento de actividades de preservación de la salud del paciente, que contribuyen a mejorar la vida de la población en un ambiente real, que contiene paradigmas modernos.

BIBLIOGRAFÍA

Surgery Encyclopedia. Definición de: *Intensive Care Unit*. [En línea]. [Consultado el 12 de diciembre de 2012] Disponible en: <<http://www.surgeryencyclopedia.com/Fi-La/Intensive-Care-Unit.html#b>>

BLANCO, Ricardo. Notas sobre el diseño industrial. Un nuevo personaje en el diseño: usuario, consumidor y su alter ego. Buenos Aires: Nobuko, 2007. p.71.

von HIPPEL, Eric. *The sources of innovation*. Nueva York y Oxford: *Oxford University Press*. 1998. p.106.

USABILITY PROFESSIONALS ASSOCIATION. *User-centred design*. [En línea]. [Consultado el 12 diciembre de 2012]. Disponible en : <http://www.upassoc.org/usability_resources/about_usability/what_is_ucd.html>

MAGUIRE, Martin. *Methods to support human-centred design*. Reino Unido: Loughborough University, 2001. p.589-622.

THOMAS, Cathy y BEVAN, Nigel. *Usability Context Analysis: A practical guide*. Versión 4.04. Inglaterra: NPL Usability Services, 1996.

TORRES, Belcy. Manual para el diseño de unidad de cuidados intensivos. Bogotá: Secretaría Distrital de Salud, 2010. p. 19

BRITISH STANDARDS (BSI). *Medical Supply Units*. BSN EN ISO 11197. Bruselas: CEN, 2009. p.2

Fundamentos del diseño. [En línea]. [Consultado el 17 de mayo de 2013]. Disponible en: <<http://jossmed.blogspot.com/2011/05/proporcion.html>>

La sección aurea. [En línea]. [Consultado el 17 de mayo de 2013]. Disponible en: <<http://simetria.dim.uchile.cl/matematico/nodo612.html>>

BLANCO, Ricardo. Notas sobre el diseño industrial. Un nuevo personaje en el diseño: usuario, consumidor y su alter ego. Buenos Aires: Nobuko, 2007. p.71.

WEINGER, Matthew B. y WIKLUND, Michael E. y GARDNER-BONNEAU, Daryle J. *Handbook of Medical Device Design*. Nueva York: CRC, 2010. p. 118.

BLACK , Temple y KOHSER, Donald y De GARMO, Paul. Materiales y procesos de fabricación. Barcelona: Editorial Reverté, 2002. p. 12-25

Association for the Advancement of Medical Instrumentation's (AAMI's) Human Factors Engineering Committee. Human factors design process for medical devices. AAMI HE-74.Estados Unidos: AAMI, 2001.

MARADEI, Fernanda y ESPINEL, Francisco y PEÑA, Astrid. Datos antropométricos para el diseño, Región Nororiental Colombiana 2008. 1 ed. Bucaramanga: División de Publicaciones UIS, 2009. p.21-52

RODRIGUEZ MORALES, Gerardo. Manual de Diseño Industrial: Curso Básico. Edición 3. México: Ediciones G. Gill. p. 53

WIKIPEDIA. Diseño modular. [En línea]. [Consultado el 20 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_modular>

FELIÚ, Francisca. Estructuras modulares. [En línea]. [Consultado el 20 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Estructuras_Modulares>

WYPIJEWSKI, J. *Painting by Numbers: Komar and Melamid's Scientific Guide to Art*. Nueva York: Farrar, Straus & Giroux, 1997.

DUTTON, Dennis. 'Aesthetics and Evolutionary Psychology' en "*The Oxford Handbook for Aesthetics*". Estados Unidos: Oxford University Press. 2003. [En línea]. [Consultado el 19 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://denisdutton.com/estetica_esp.htm>

FORMA MEDICAL DEVICE DESIGN. Color in Medical Product Design Handbook for Aesthetics". Estados Unidos: Oxford University Press. 2003. [En línea]. [Consultado el 19 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://denisdutton.com/estetica_esp.htm>

WIKIPEDIA. Calibri. [En línea]. [Consultado el 20 de mayo de 2013]. Disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Calibri>>

ANEXOS

ANEXO A. Fotografías de las unidades de suministro de la clínica Ardila Lulle



ANEXO A. (Continuación) Fotografías de las unidades de suministro en la clínica Ardila Lülle



ANEXO A. (Continuación) Fotografías de las unidades de suministro en la clínica Ardila Lülle



ANEXO A. (Continuación) Fotografías de las unidades de suministro en la clínica Ardila Lülle



ANEXO B. Formato del cuestionario Análisis del contexto de uso 1

Formato del Cuestionario *Análisis del Contexto de Uso 1*

- INFORME DE PRODUCTO

Cuestionario completado por (Nombre y Organización):

Nombre del Producto:

Fecha:

1	DESCRIPCIÓN BÁSICA
1.1	Nombre del producto y versión
1.2	Descripción y objetivo del producto
1.3	¿Cuáles son las principales áreas de aplicación del producto?
1.4	¿Cuáles son las funciones principales?

2	ESPECIFICACIONES
2.1	Componentes Físicos
a)	Descripción General
b)	Elementos incluidos en el producto
c)	Elementos que complementan el producto (que se integran en el producto)

ANEXO B. (Continuación) Formato del cuestionario Análisis del contexto de uso 1

- **INFORME DE CONTEXTO**

Nombre y versión del producto:

Informe completado por:

Fecha:

Organización:

Objetivos del producto:

1.1		TIPOS DE USUARIO	<i>Personal de enfermería</i>
1.1.1		Tipos de usuario	
	a)	Tipos de usuario identificados	
	b)	Tipos de usuario a evaluar	
1.1.2		Usuarios Secundarios indirectos	
	a)	Interactúan con el producto	
	b)	Son afectados por el producto (Personas que no interactúan con el producto, pero dependen de los resultados obtenidos por los usuarios directos)	

Tipo de Usuario		Personal de enfermería	
1.2		HABILIDADES CONOCIMIENTOS	<i>En esta sección se solicitarán algunos detalles sobre las habilidades adquiridas formal e informalmente y los conocimientos del usuario</i>
1.2.1		Experiencia en Enfermería y asistencia UCI	
1.2.2		Experiencia en	
	a)	Uso del producto	

Tipo de Usuario		Personal de enfermería
	b) Uso de productos con funciones similares	
1.2.3	Capacitación en	
	a) Formación de enfermería	
	b) Formación respecto a columnas de suministro	
	c) Usando productos similares	
1.2.4	Titulación académica o profesional	
1.2.5	Habilidades relevantes	
1.2.6	Habilidad lingüística	
1.2.7	Conocimientos previos necesarios para usar el producto	

ANEXO B. (Continuación) Formato del cuestionario Análisis del contexto de uso 1

Tipo de Usuario		Personal de enfermería
1.3	ATRIBUTOS FÍSICOS	<i>Esta sección trata sobre las características físicas del tipo de usuario</i>
1.3.1	a) Rango de Edad	
	b) Edad Típica	
1.3.2	Género (porcentaje)	
1.3.3	Limitaciones físicas y discapacidades	
1.4	ATRIBUTOS MENTALES	<i>Esta sección cuestiona sobre las características mentales del tipo de usuario, incluyendo sus capacidades intelectuales y motivaciones</i>
1.4.1	Habilidades intelectuales	
	a) Habilidades distintivas	
	b) Discapacidades mentales específicas	
1.4.2	Motivaciones	<i>¿Qué tan positivas o negativas son las actitudes del usuario?</i>
	a) Actitud hacia el trabajo y las tareas	
	b) Actitud hacia el producto	
1.5	CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO	<i>Esta sección se ocupa de los detalles de los trabajos realizados por los usuarios</i>
1.5.1	Función del trabajo	
1.5.2	Historial de trabajo	
	a) Tiempo de ser empleado de la organización	
	b) Tiempo del puesto actual	
1.5.3	Horas de trabajo/operación (horas diarias)	
	a) Horas de trabajo	
	b) Horas usando el producto	

Tipo de Usuario		Personal de enfermería
1.5.4	Flexibilidad de trabajo (¿pueden organizar el tiempo y las tareas por si mismos?)	
1.6	LISTA DE TAREAS	<i>Aquí se pretenden definir las tareas del usuario. Se hace una lista de todas las tareas que los usuarios lleven a cabo con el producto, y luego se seleccionan las que deben ser evaluadas.</i>
	a) Tareas identificadas	
	b) Tareas a evaluar	

		Tipo de usuario 1	Personal de enfermería	
Nombre de la tarea		Retirar dispositivos o equipos médicos	Re-ubicar los dispositivos o equipos médicos	Controlar el medio de iluminación

2	CARACTERÍSTICAS DE LAS TAREAS	Aquí se quieren saber las características de cada tarea.		
2.1	Objetivo de la tarea			
2.2	¿Los usuarios pueden elegir usar el producto o no para cumplir con la tarea?			
2.3	Resultado de la tarea			
2.4	Efectos secundarios adversos que pueden ocurrir al hacer la tarea			
2.5	Frecuencia de la tarea			
2.6	Duración de la tarea			
2.7	Flexibilidad de la tarea ¿Los usuarios deben seguir un orden predefinido en la realización de la tarea?			
2.8	Exigencias físicas y mentales			
	a) Factores que hacen difícil la tarea			
	b) Qué tan exigente es en comparación con las otras tareas (menos, igual, más exigente)			

2.9	<p>Dependencia de las tareas</p> <p>¿Qué información o recursos son requeridos para realizar la tarea?</p>			
2.10	<p>Vínculos de las tareas</p> <p>¿El usuario normalmente lleva a cabo la tarea como parte de un proceso?, si es así hacer una lista de las tareas que la preceden o siguen</p>			
2.11	<p>Seguridad</p> <p>¿En qué medida es peligrosa la tarea para la salud o la vida?</p>			
2.12	<p>Criticidad de los resultados de la tarea</p> <p>¿Los resultados de la tarea son críticos en términos de integridad de las personas o la integridad financiera?</p>			

ANEXO B. (Continuación) Formato del cuestionario Análisis del contexto de uso 1

Tipo de Usuario		Personal de enfermería
3	AMBIENTE ORGANIZACIONAL	
3.1	ESTRUCTURA	
3.1.1	Grupo de trabajo ¿El usuario trabaja por sí solo o en colaboración con otros individuos o grupos?	
3.1.2	Asistencia ¿El usuario puede obtener asistencia si tiene algún problema?	
3.1.3	Interrupciones ¿Con qué frecuencia es interrumpido el usuario en el ejercicio de sus tareas? Describir la naturaleza de las interrupciones	
3.1.4	Estructura administrativa ¿Quién tiene influencia directa sobre el trabajo del usuario?	
3.1.5	Estructura de comunicación ¿Cómo funciona la información entre las personas de la organización relacionada con el flujo de tareas?	
3.2	ACTITUDES Y CULTURA	
3.2.1	Propósitos organizacionales ¿Cuáles son los propósitos, objetivos y metas de la organización o la misión?	
3.2.2	Relaciones laborales ¿Cuál es el estado de las relaciones laborales? Excelente, buena, mala	
3.3	CONTROL TRABAJADOR/USUARIO	

Tipo de Usuario		Personal de enfermería
3.3.1	Supervisión del rendimiento ¿Cómo se supervisa y evalúa la calidad y la velocidad de trabajo del usuario? ¿Por quién?	
3.3.2	Retroalimentación sobre el desempeño	
3.3.3	Ritmo ¿Qué determina la velocidad de trabajo?	
4	AMBIENTE TÉCNICO	
4.1	Elementos	
	a) Requeridos para usar el producto	
	b) Encontrados probablemente cuando se utiliza el producto	
4.2	Materiales de consulta	
	a) Requeridos para usar el producto ej.: guías, manuales	

ANEXO B. (Continuación) Formato del cuestionario Análisis del contexto de uso 1

Tipo de usuario		Personal de enfermería
5	AMBIENTE FÍSICO	
5.1	CONDICIONES AMBIENTALES	<i>El producto usa condiciones estandarizadas y normalizadas</i>
5.1.1	Condiciones atmosféricas	
5.1.2	Ambiente auditivo (Lista de los tipos de ruido que limitan la comunicación interpersonal, causan estrés o molestias en la realización de las tareas)	
5.1.3	Ambiente térmico (Describir la temperatura del lugar de trabajo, calefacción e instalaciones de aire acondicionado)	
5.1.4	Ambiente visual (Describir la fuerza y la ubicación de las fuentes de luz, incluyendo la luz natural. Describir el grado de control que tiene el usuario sobre las condiciones de luz)	
5.2	DISEÑO DEL LUGAR DE TRABAJO	
5.2.1	Espacio y mobiliario (Describir cuál es el mobiliario y el tamaño, diseño y disposición del lugar de trabajo, normas de estandarización usadas, dimensiones, distancias...)	
5.2.2	Postura del usuario ¿Qué postura adopta el usuario generalmente al usar el producto	
5.2.3	Localización	

Tipo de usuario		Personal de enfermería
a)	Del producto ¿Cómo está ubicado el producto en relación a los demás muebles de lugar de trabajo y la posición de usuario?	
b)	De el lugar de trabajo ¿Dónde se ubica el lugar de trabajo?	
5.3	SALUD Y SEGURIDAD	
5.3.1	Riesgos para la salud ¿Existen condiciones del lugar de trabajo o medio ambiente circundante que pueda afectar la integridad física del usuario a corto plazo o largo plazo?	
5.3.2	Ropa y equipo protector (Describir la ropa y equipo de protección y seguridad que el usuario requiere en el lugar de trabajo)	

ANEXO C. Formato del Cuestionario Análisis del Contexto de uso 2

CARGO EN EL GRUPO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA		
1.1	TITULACIÓN ACADÉMICA	
1.2	FUNCIONES DEL CARGO	
2	¿Qué es una columna de suministro?	
3	AMBIENTE FÍSICO	
3.1	CONDICIONES AMBIENTALES	
	a) Condiciones atmosféricas (¿Cuál será la humedad del lugar donde se ubicará el producto?)	
	b) Ambiente auditivo (Lista de los tipos de ruido que podrían limitar la comunicación interpersonal, causando estrés o molestias en la realización de las tareas)	
	c) Ambiente térmico (Describir la temperatura que tendrá el lugar de trabajo calefacción e instalaciones de aire acondicionado)	
	d) Ambiente visual (Describir la fuerza y la ubicación de las fuentes de luz, incluyendo la luz natural. Describir el grado de control que tendrá el usuario sobre las condiciones de luz)	
3.2	DISEÑO DEL LUGAR DE TRABAJO	

3.2.1	Espacio (Describir el espacio de la sala uci, si es un sitio abierto en cubículos o habitaciones separadas, registrar dimensiones, distancias o tamaño del lugar)	
3.2.2	Mobiliario (Describir cuál es el mobiliario, diseño y disposición en el lugar de trabajo. Graficar)	
3.2.3	Postura del usuario ¿Qué postura adopta el usuario generalmente al usar el producto?	
3.2.4	Localización	
a)	Del producto Describir la ubicación. ¿Cómo estará ubicado el producto: en la pared, en el piso o en el techo fijo o móvil y cómo estará ubicado en relación a los demás muebles del lugar de trabajo y la posición del usuario?	
b)	De el lugar de trabajo ¿Dónde se ubicará el lugar de trabajo?	
4	OTRA INFORMACIÓN	
a)	¿Qué equipo médico deberá integrar la unidad de suministro?	
b)	¿Qué elementos se deberán incluir en el producto?	

ANEXO D. Formato de entrevista Deficiencias del sistema

ENTREVISTA A USUARIO No. ____

Soy Cindy Rondón Cachopo, estudiante de diseño industrial y estoy desarrollando mi proyecto de grado SISTEMA DE SUMINISTRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS. Solicito respetuosamente su valiosa colaboración contestando la siguiente entrevista.

Fecha: _____ Nombre: _____
Cargo: _____ Edad: _____

1. Por favor en la columna "Deficiencias del sistema" escriba las deficiencias que ha notado y los problemas que se le han presentado al usar una unidad de suministro médico. En la columna "Soluciones" por favor escriba las soluciones que imagina o propone para dichos problemas.

Deficiencias del sistema	Soluciones

ANEXO E. Formato cuestionario a Jefe de UCI



Cuestionario a Jefa de UCI

Soy Cindy Rondón Cachopo, estudiante de diseño industrial y estoy desarrollando mi proyecto de grado SISTEMA DE SUMINISTRO MÉDICO PARA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS. Solicito respetuosamente su valiosa colaboración contestando el siguiente cuestionario.

Fecha: _____ Nombre: _____
Cargo: _____ Edad: _____

1. Por favor llene la siguiente tabla escribiendo la cantidad de equipos y los equipos que se conectan en torno a un paciente de la UCI y qué tipo de suministro requiere el equipo.

No.	Cantidad	Equipo	Gases medicinales			Electricidad
			Oxígeno	Aire	Vacio	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

2. Especifique la frecuencia de uso de los recursos de suministro médico numerando de 1 a 5, donde 1 es el recurso o suministro más usado y 5 el menos usado.

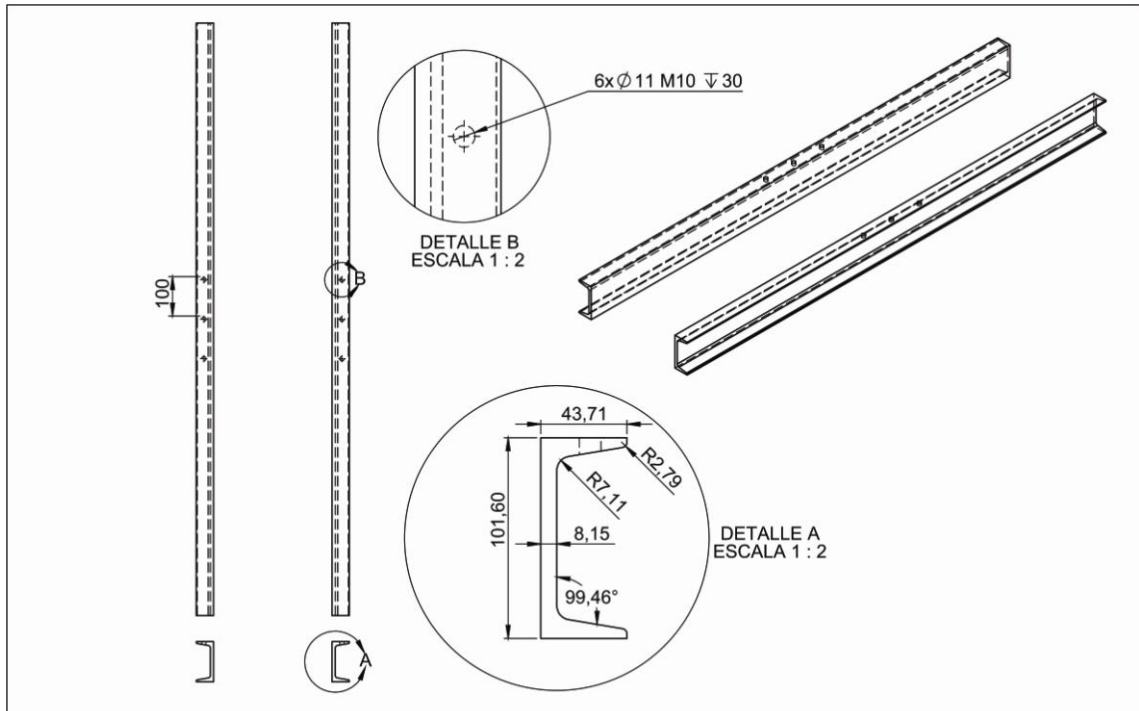
_____ Electricidad
_____ Toma de datos
_____ Oxígeno
_____ Vacío
_____ Aire

ANEXO F. Planos del sistema Integralmed

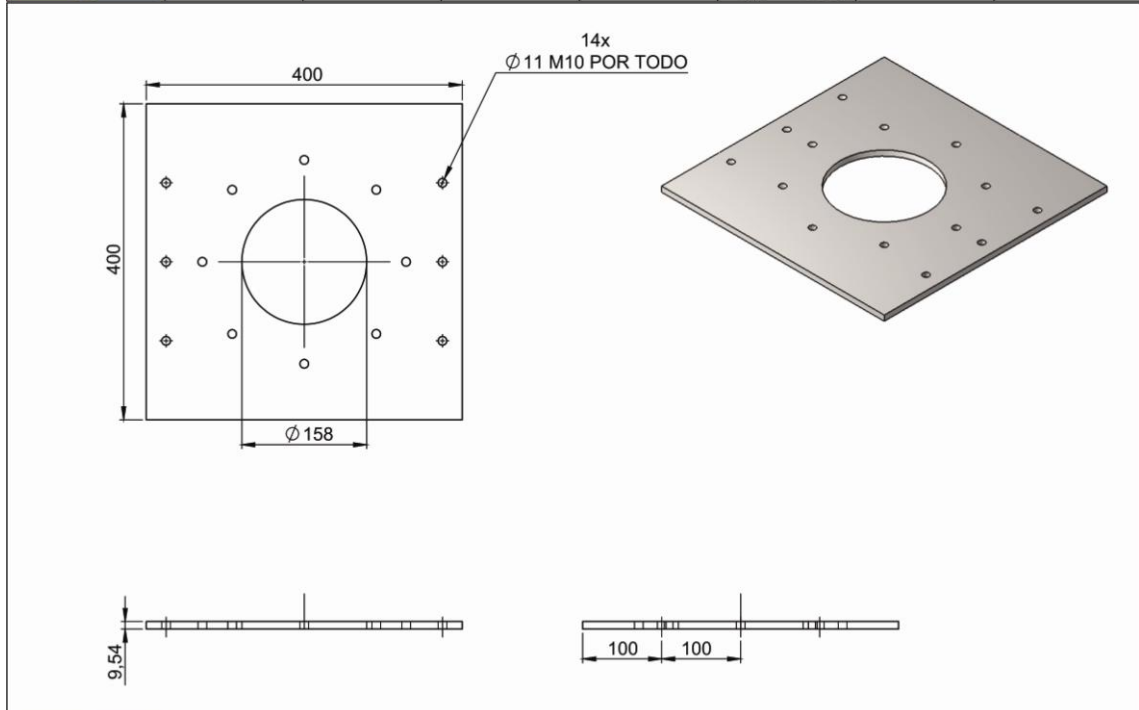
45	TORNILLO DIN 6912-M4x50	66
44	TORNILLO ISO4017-M4x70	22
43	TORNILLO ISO4016-M10x	8
	100	30
	45	
42	TAPON CON ROSCA INFERIOR	4
41	TAPON CON ROSCA TUBO	2
40	TUBO ATRIL	2
39	TUBO CENTRAL	1
38	TUBO BRAZO	2
37	TUBO ANTEBRAZO-BRAZO	2
36	TORNILLO AJUSTE CORTO	9
35	TORNILLO DE AJUSTE LARGO	1
34	REPISA	1
33	ABRAZADERA	1
32	CANASTILLA	1
31	ATRIL	2
30	BRAZO	4
29	ANTEBRAZO	2
28	TAPA INFERIOR	1
27	TAPA SUPERIOR	1
26	PUERTA IZQUIERDA ELECTRICA	1
25	PUERTA DERECHA ELECTRICA	1
24	PUERTA GAS	2
23	PARED POSTERIOR GAS	1
22	PARED POSTERIOR ELECTRICA	1
21	PARED FRONTAL ELECTRICA	1
20	PARED FRONTAL GAS	1
19	PERFIL FRONTAL GAS	1
18	PERFIL FRONTAL ELECTRICO	1
17	PERFILBISAGRA GAS	2
16	PERFIL BISAGRA ELECTRICO	2
15	PERFIL GENERAL ELECTRICO	4
14	PERFIL GENERAL GAS	4
13	PERFIL POSTERIOR ELECTRICO	1
12	PERFIL POSTERIOR GAS	1
11	TUBO ELECTRICO	1
10	TAPA ELECTRICA	1
9	PERFIL HEXAGONO EXTERIOR	2
8	PERFIL HEXAGONO INTERIOR	2
7	TAPA GAS	1
6	TAPA DE RODAMIENTO	1
5	TUBO PARA GAS	1
4	SOPORTE TUBO	1
3	PLACA SUPERIOR DE TUBO	1
2	PLACA	1
1	VIGA	2
N°	NOMBRE	CANT

		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	
ESCALA: 1:10		SISTEMA DE SUMINISTRO MÉDICO	
	FORMATO A3	DIBUJADO POR: C. RONDON	2013-13-13
REVISADO POR: HARVEY QUIROGA		CONJUNTO	
MATERIAL: AISI 304L		HOJA 1/43	
MEDIDAS EN mm		PL N° 01-00	

ANEXO G. Planos del sistema Integralmed

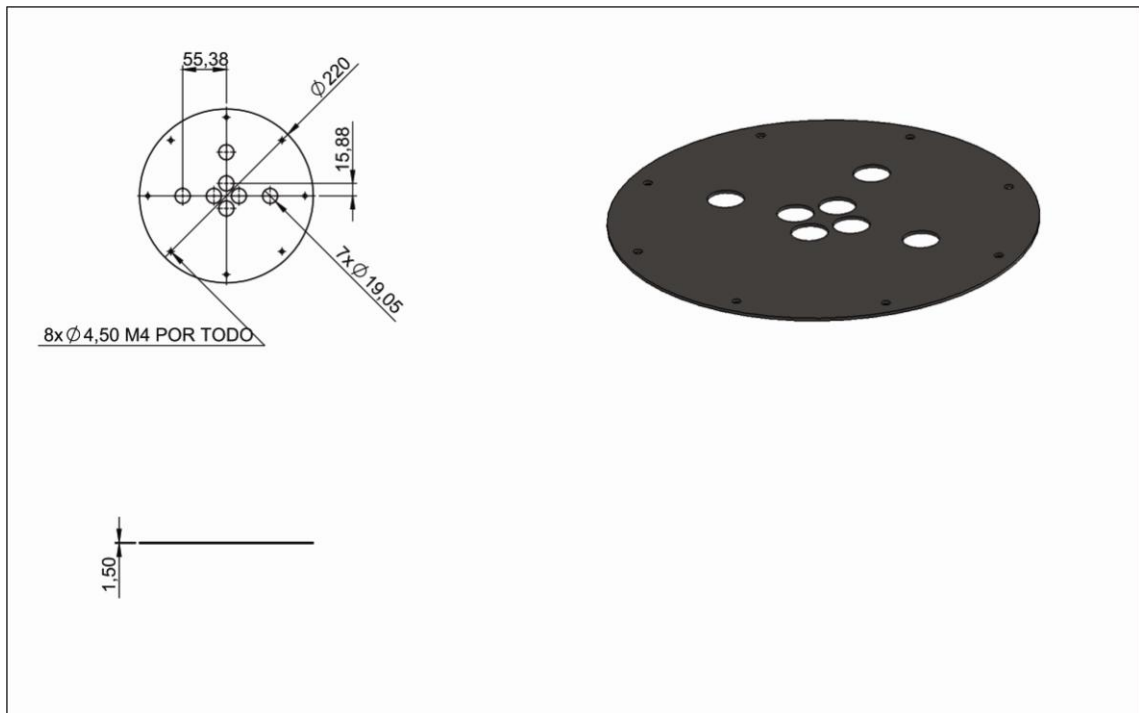


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			VIGAS		PIEZA N° 1	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:10	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 2/43	PL. N° 01-01

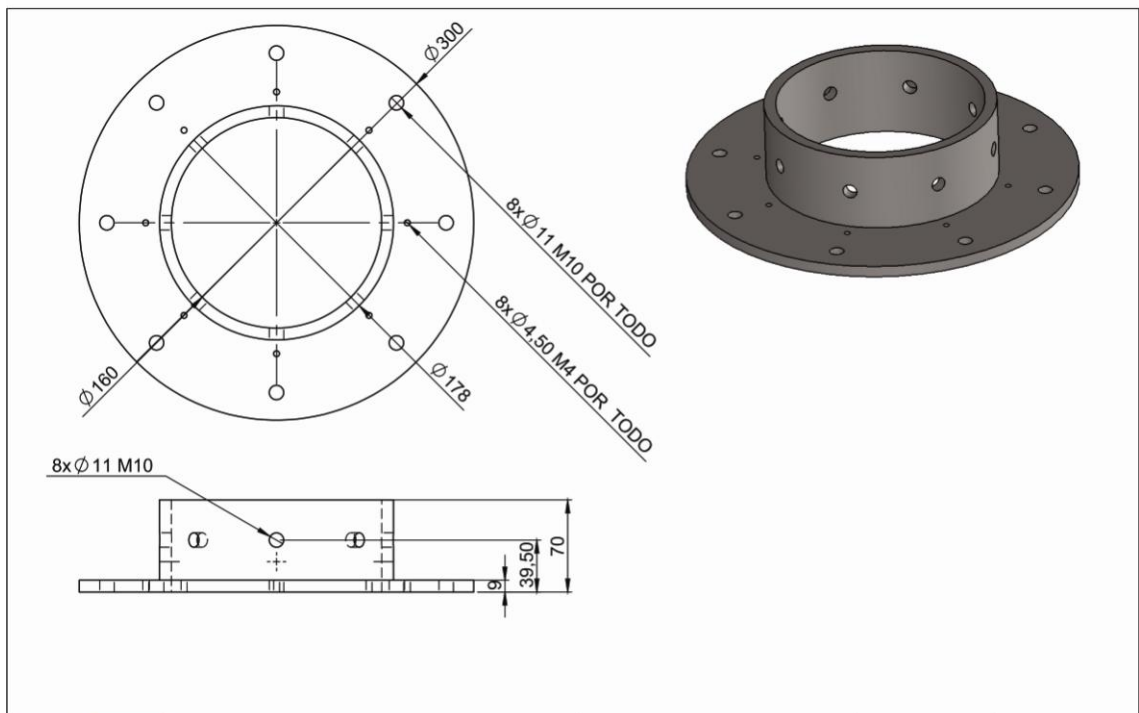


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PLACA		PIEZA N° 2	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 3/43	PL. N° 01-02

ANEXO H. Planos del sistema Integralmed

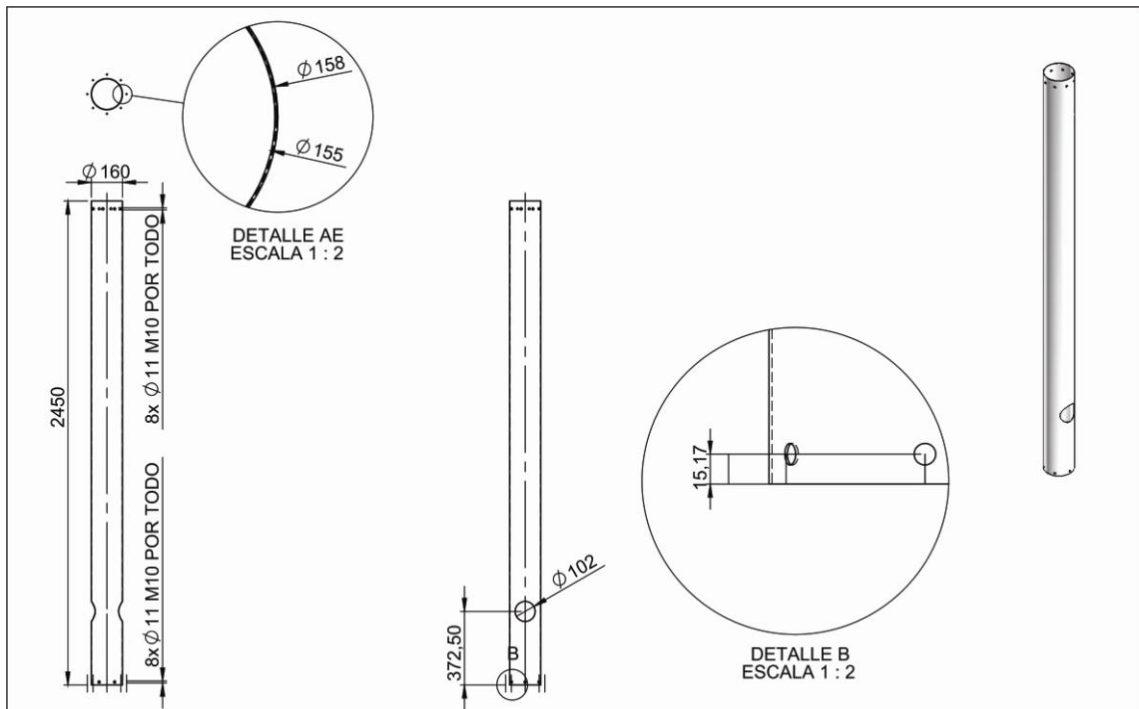


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TAPA SUPERIOR TUBO	PIEZA N° 3	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 4/43

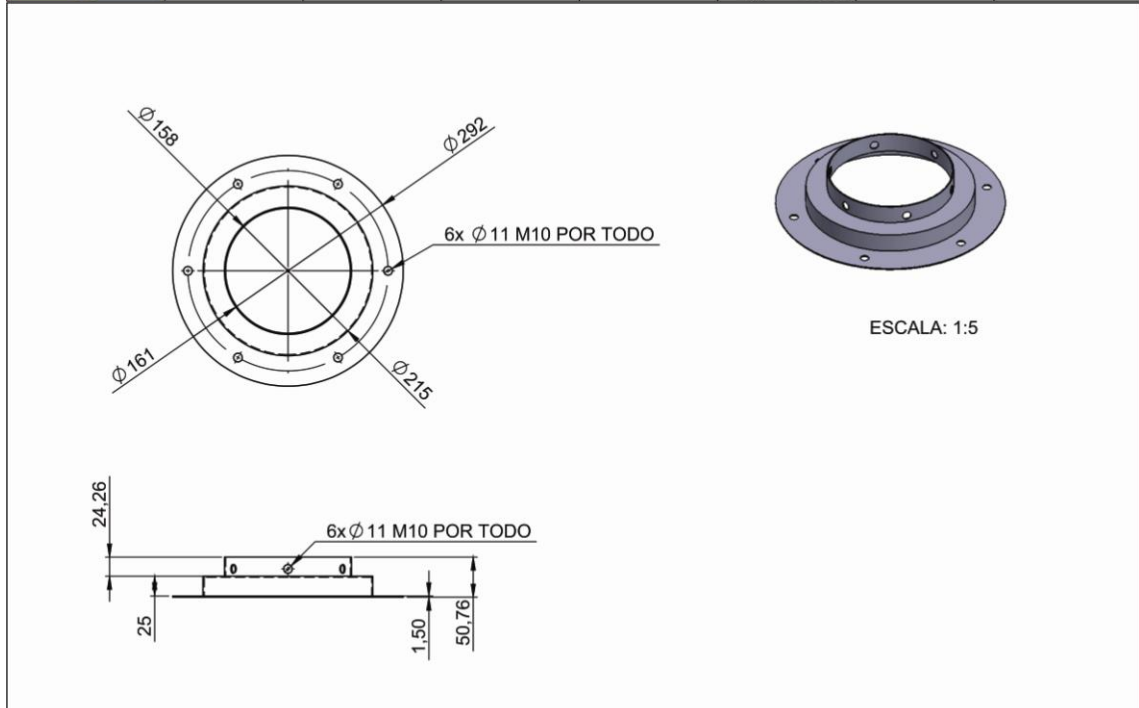


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			SOPORTE TUBO	PIEZA N° 4	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:3	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/103	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 5/43

ANEXO I. Planos del sistema Integralmed

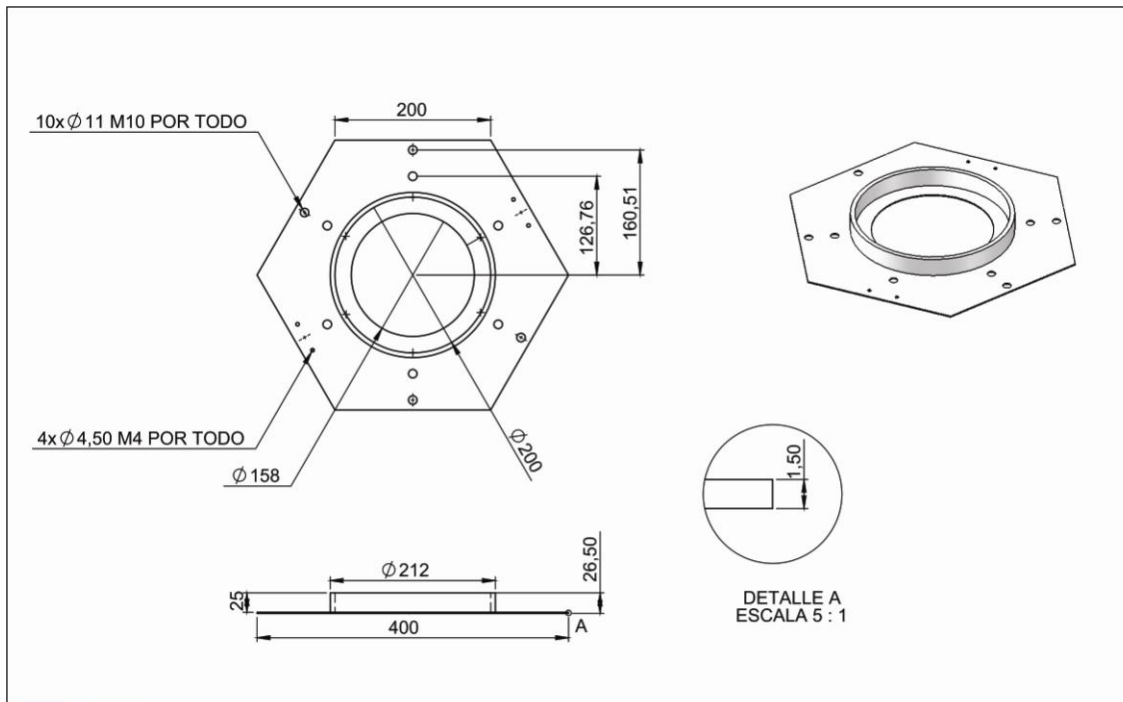


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TUBO GAS	PIEZA N° 5	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:20	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C.RONDON		HOJA: 6/43

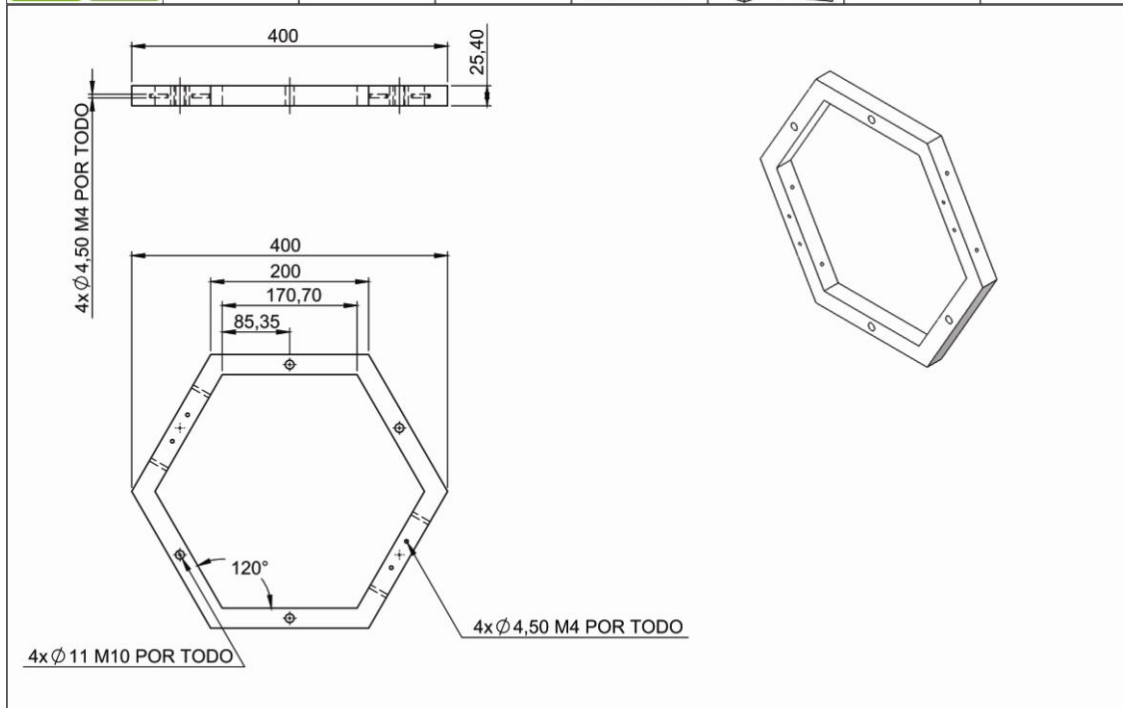


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TAPA RODAMIENTO	PIEZA N° 6	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: A:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 7/43

ANEXO J. Planos del sistema Integralmed

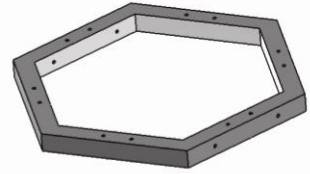
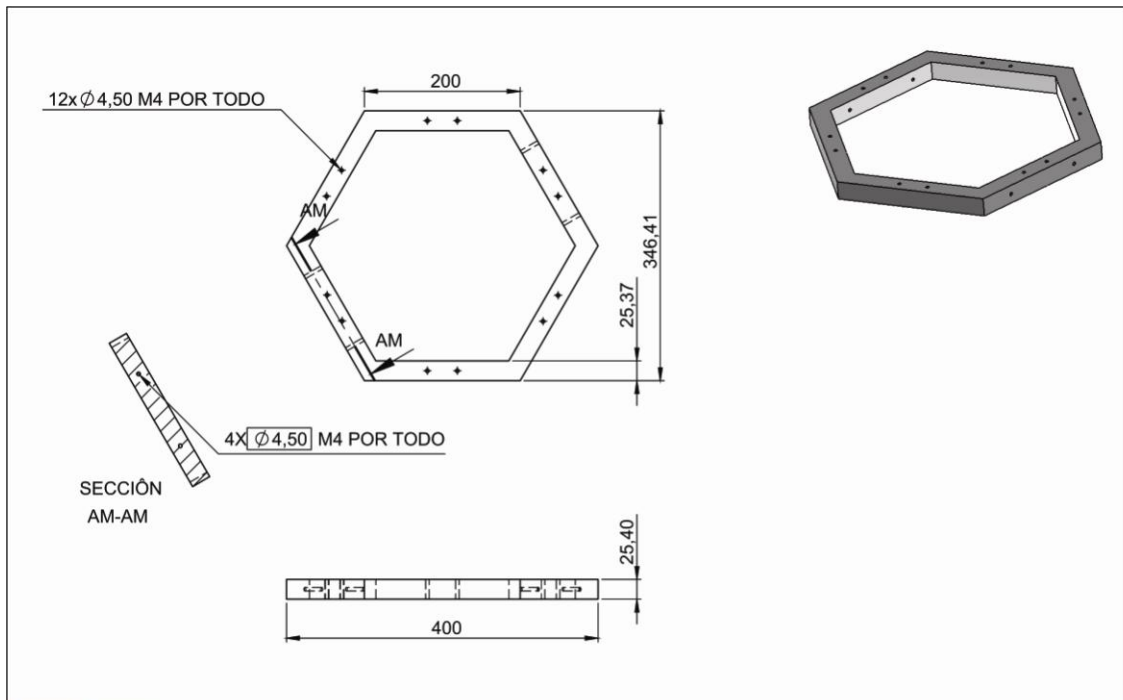


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TAPA GAS		PIEZA N° 7	MATERIAL: AISI 307L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 8/43	PL. N° 01-07

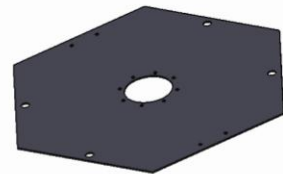
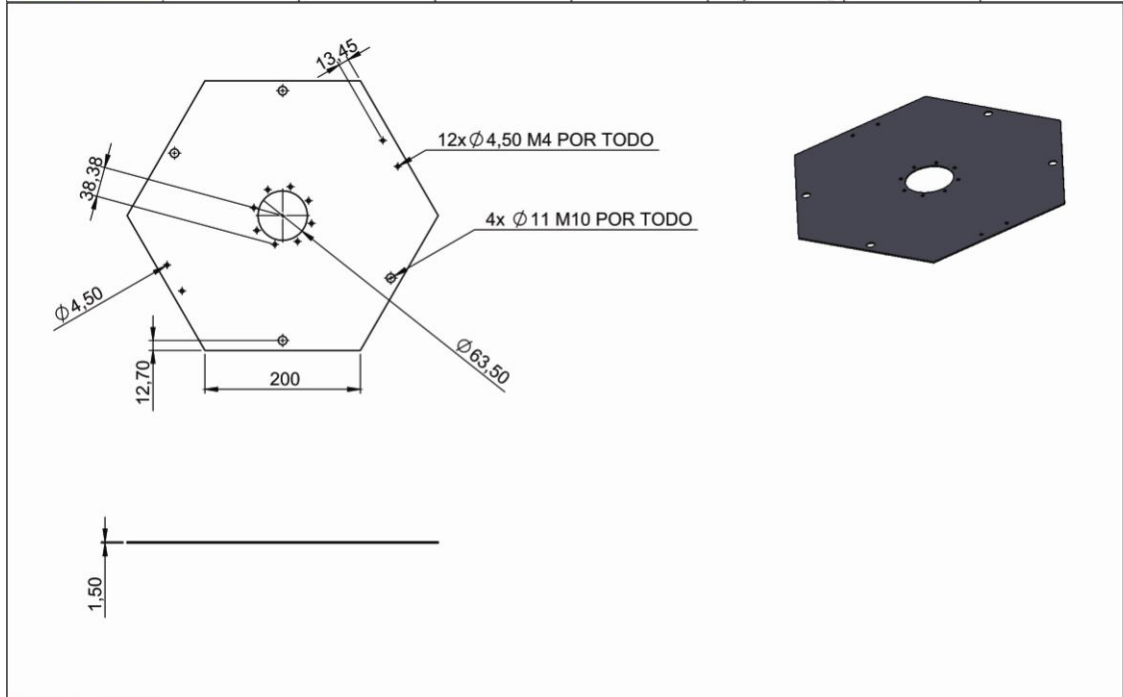


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PERFIL DE HEXAGONO INT.		PIEZA N° 8	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 9/42	PL. N° 01-08

ANEXO K. Planos del sistema Integralmed

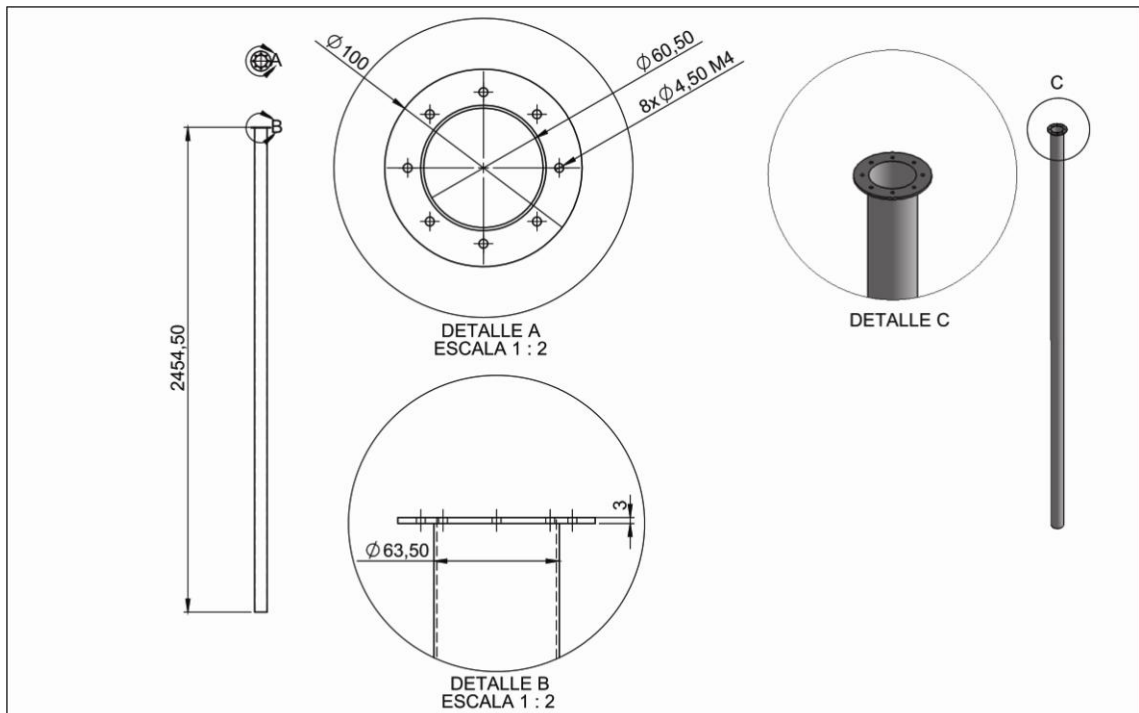


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PERFIL HEXAGONO EXTREMO	PIEZA N° 9	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON	HOJA: 10/43	PL. N° 01-09

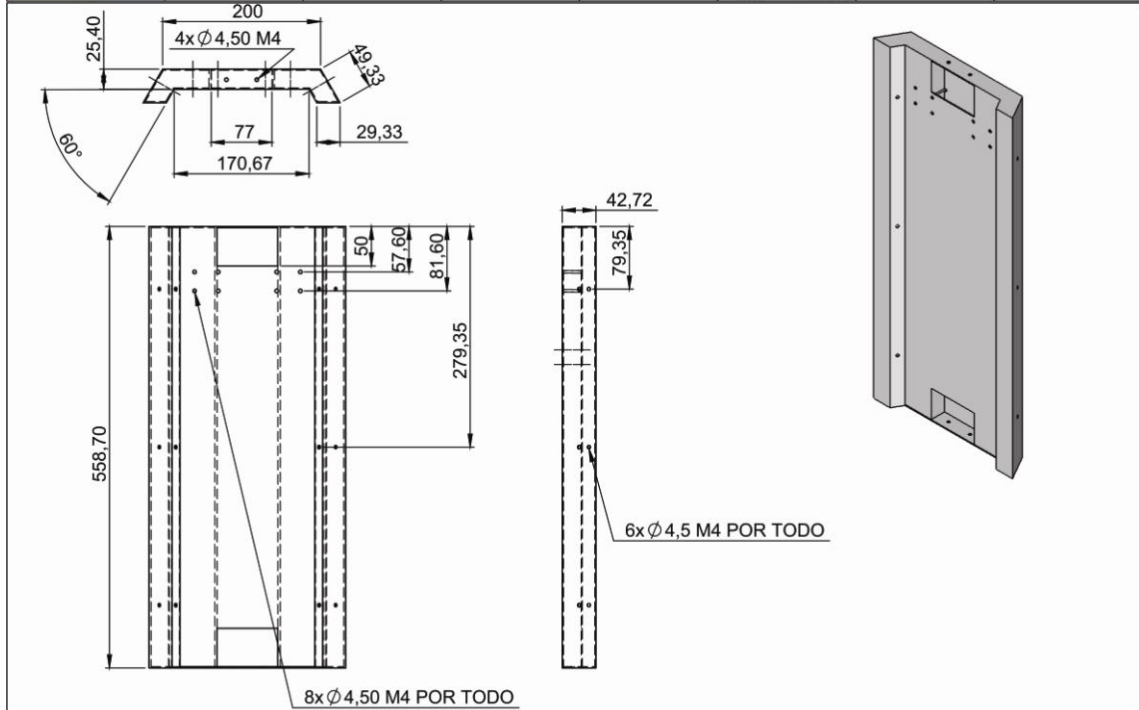


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TAPA ELECTRICA	PIEZA N° 10	MATERIAL: AISI 304 L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON	HOJA: 11/43	PL. N° 01-10

ANEXO L. Planos del sistema Integralmed

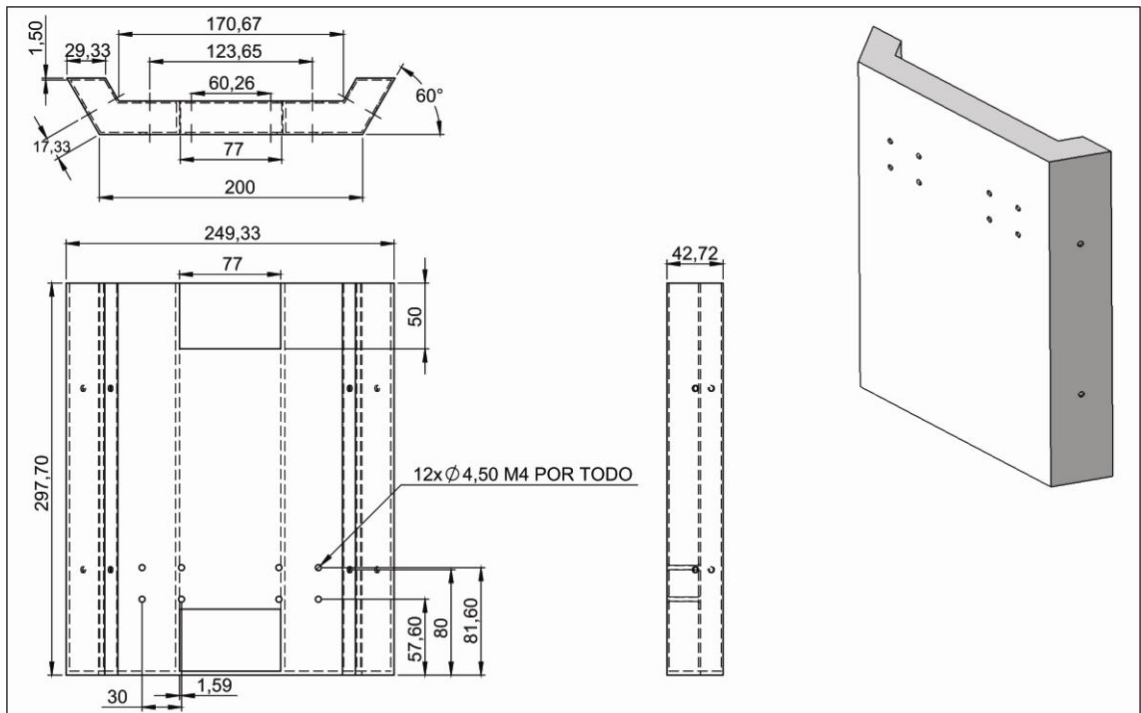




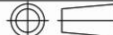
	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	TUBO ELECTRICO	PIEZA N° 11	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:20 MEDIDAS EN: mm FECHA: 13/05/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 12/43 PL. N° 01-11

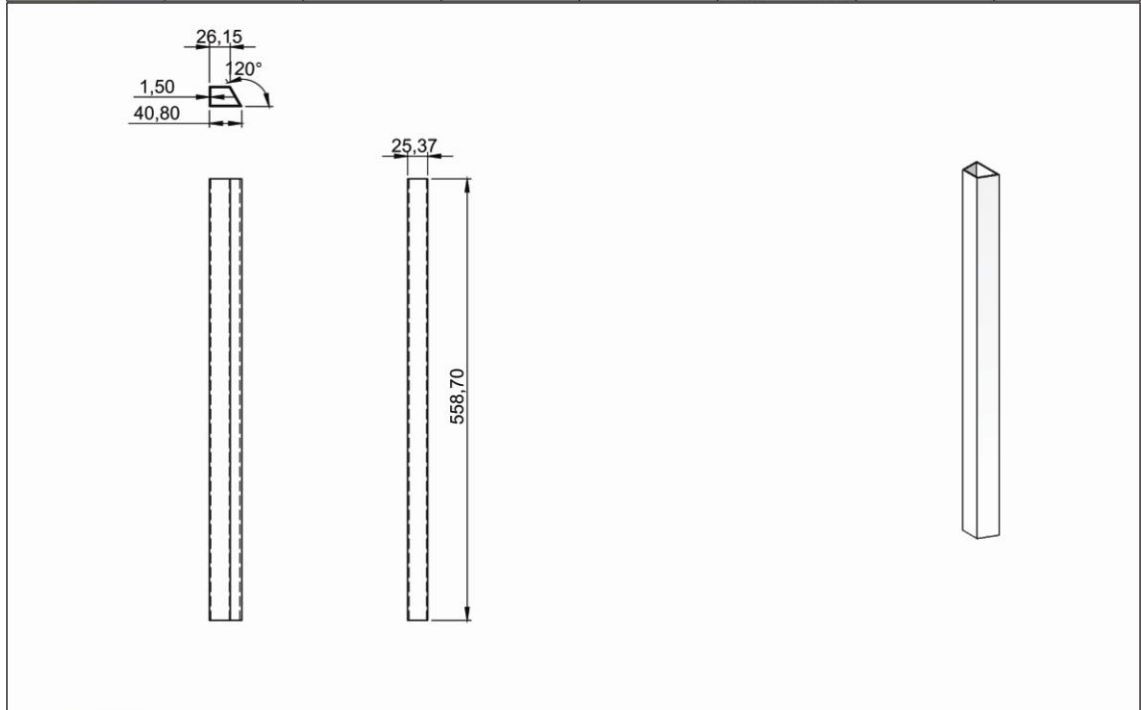




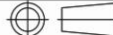
	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL	PERFIL POSTERIOR GAS	PIEZA N° 12	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5 MEDIDAS EN: mm FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 13/43 PL. N° 01-12

ANEXO M. Planos del sistema Integralmed

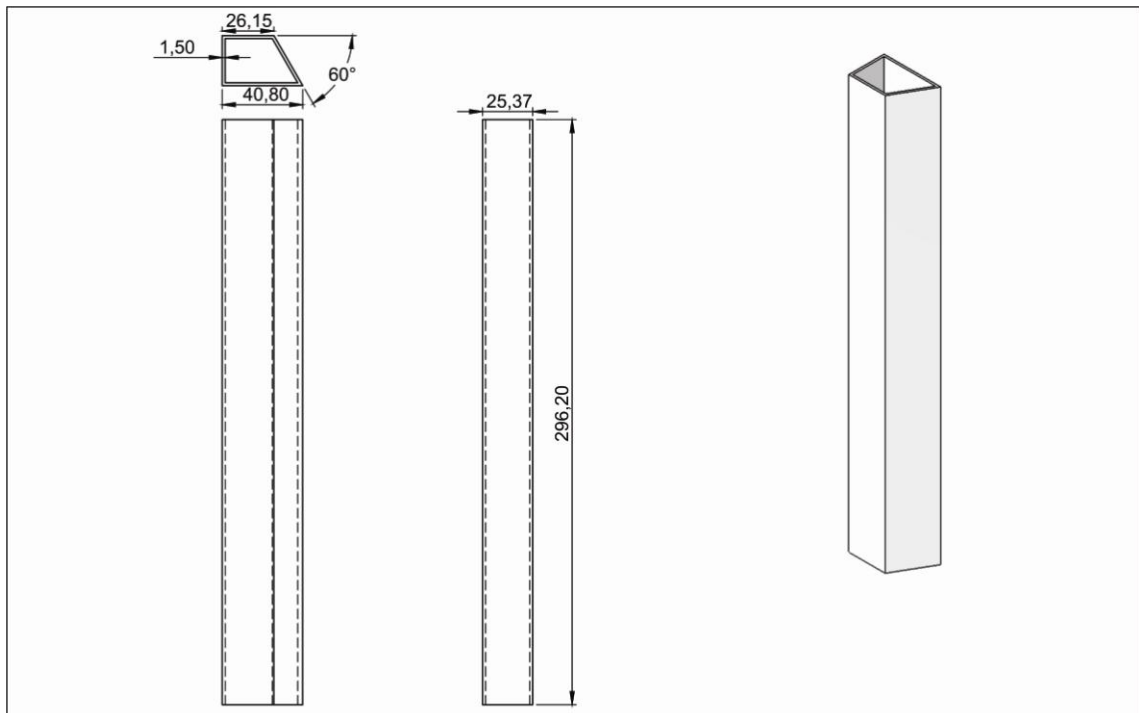





		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PERFIL POSTERIOR ELEC.	PIEZA N° 13	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 14/43

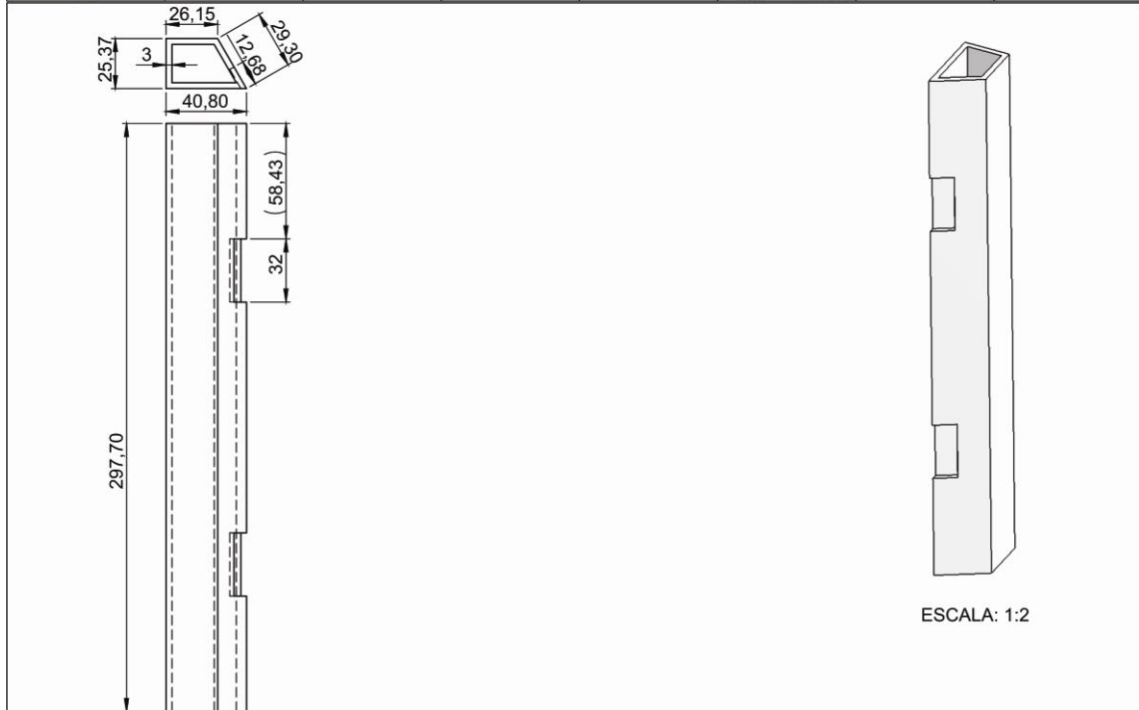





		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PERFIL GENERAL GAS	PIEZA N° 14	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 14/43

ANEXO N. Planos del sistema Integralmed

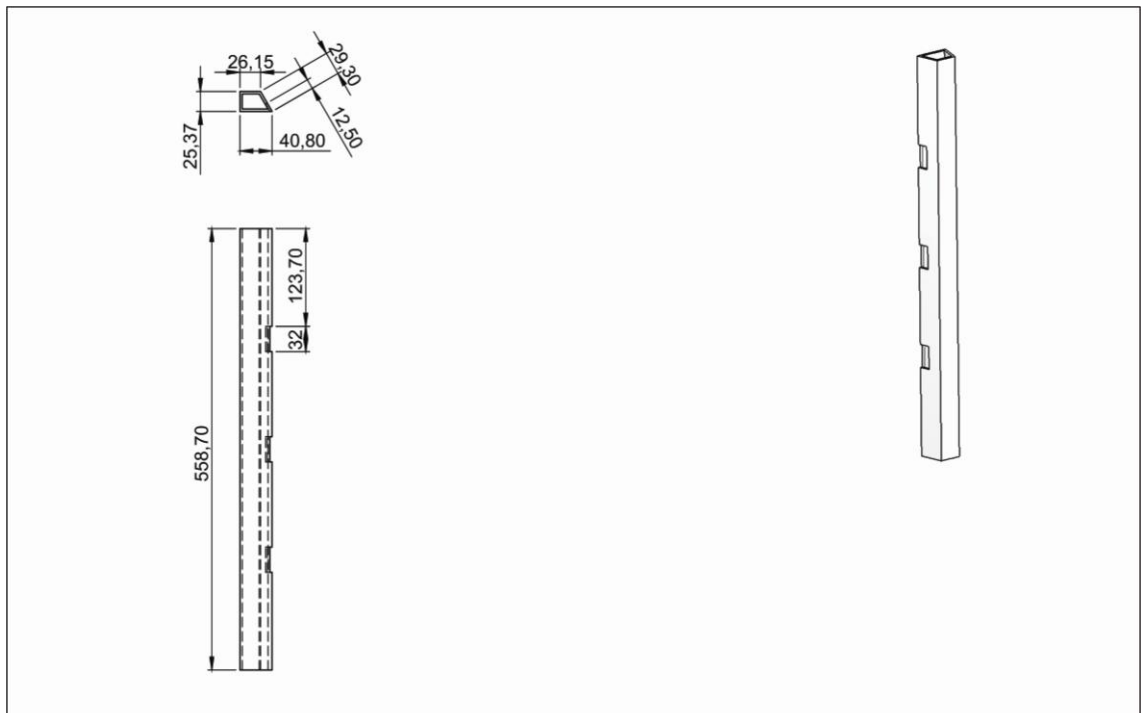


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PERFIL GENERAL ELEC.	PIEZA N° 15	MATERIAL: AISI 307L
	ESCALA: 1:2	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON	 	HOJA: 15/43

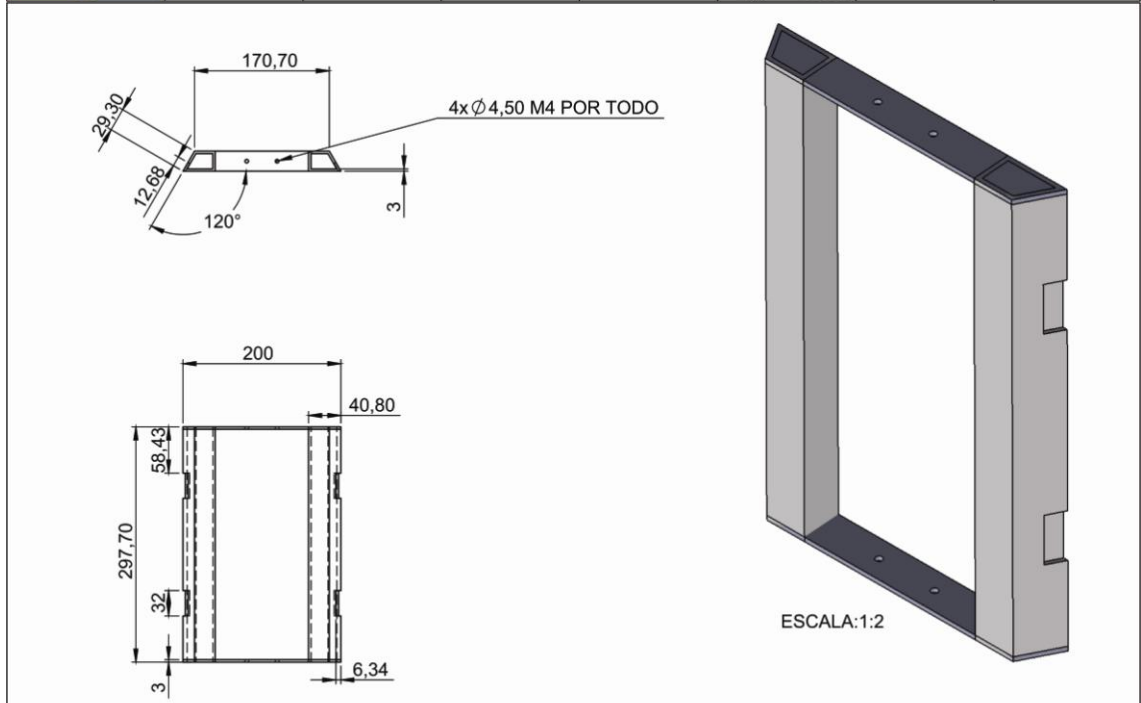


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PERFIL BISAGRA ELEC.	PIEZA N° 16	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:2	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON	 	HOJA: 17/43

ANEXO O. Planos del sistema Integralmed

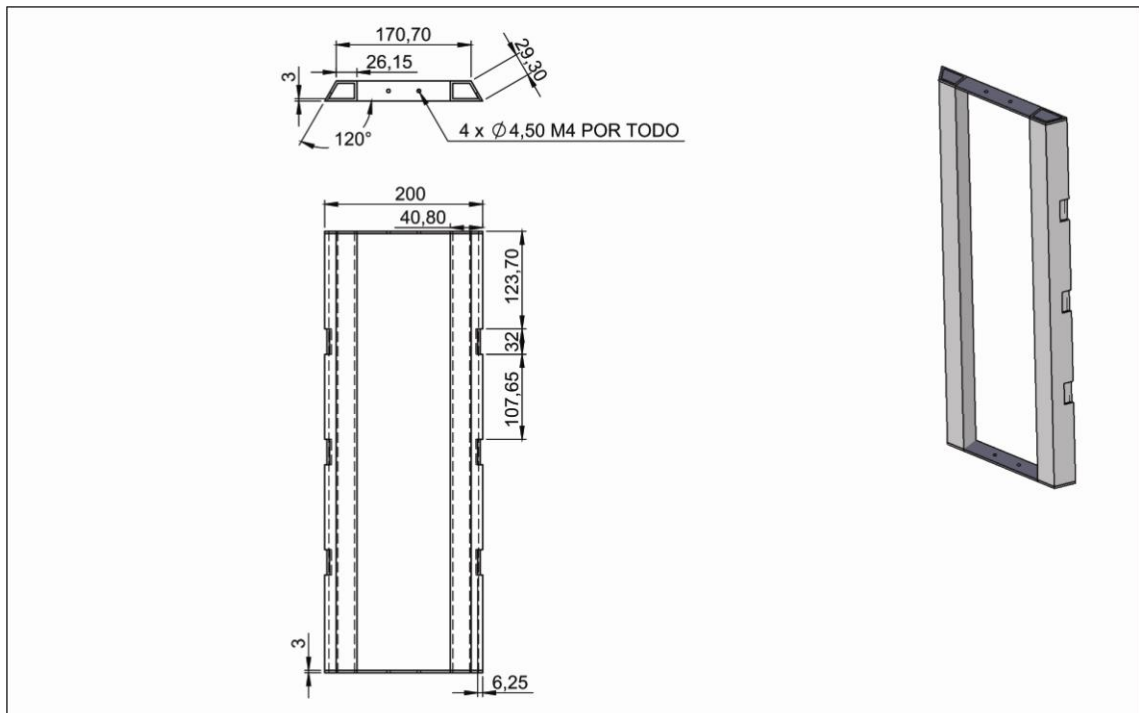


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PERFIL BISAGRA GAS	PIEZA N° 18	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 18/43

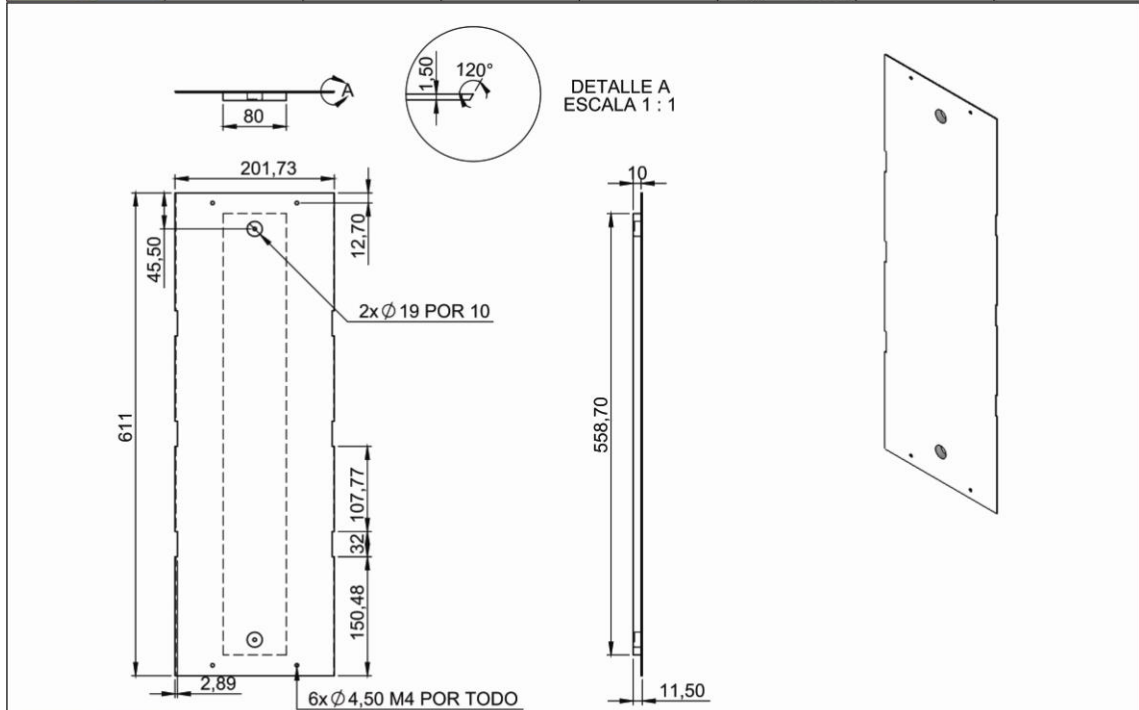


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PERFIL FRONTAL ELECT.	PIEZA N° 18	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 19/43

ANEXO P. Planos del sistema Integralmed

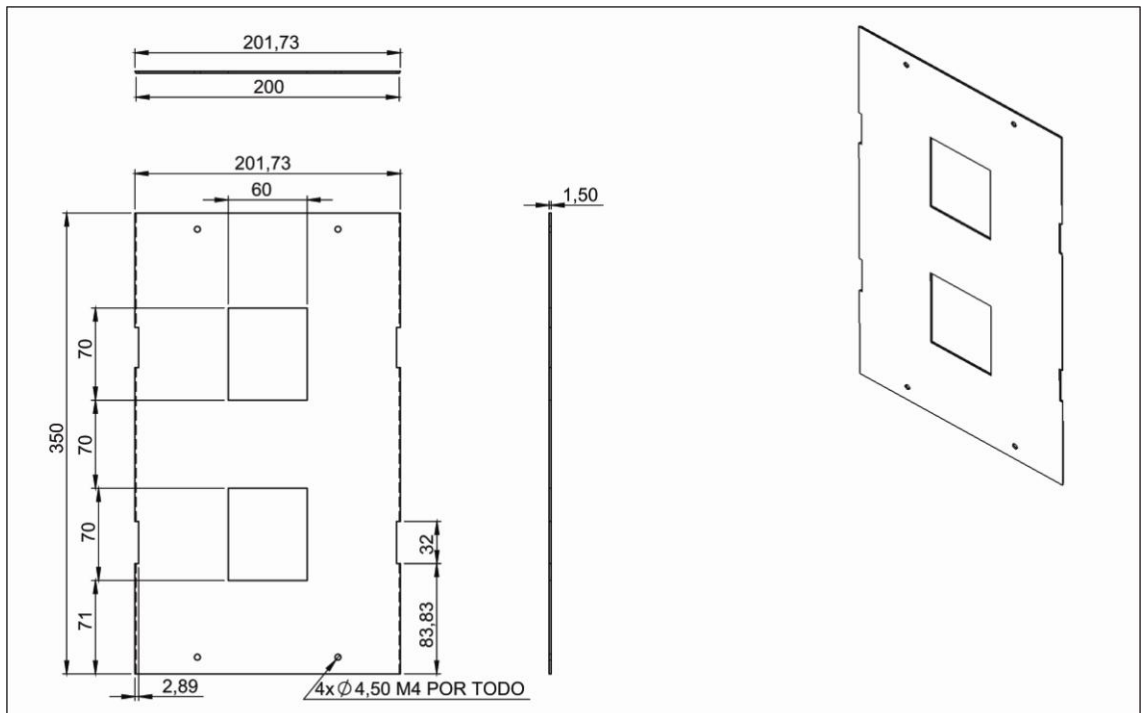




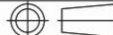
	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PERFIL FRONTAL GAS		PIEZA N° 19	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/12	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 20/43	PL. N° 01-19

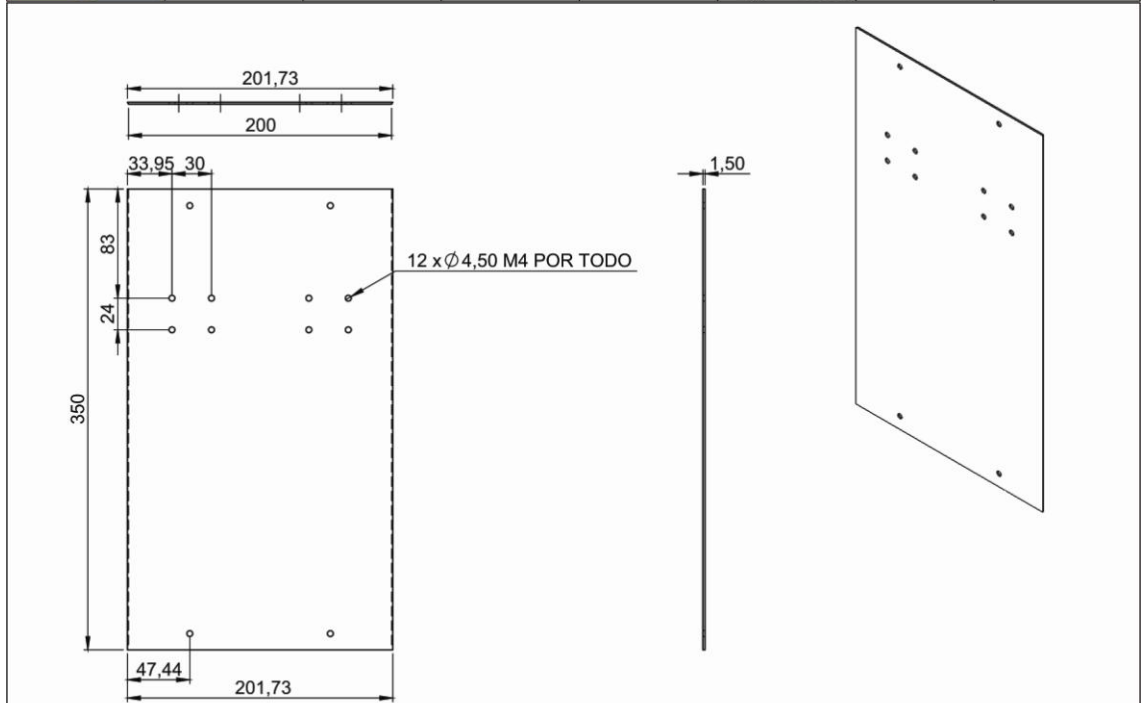




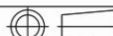
	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PARED FRONTAL GAS		PIEZA N° 20	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 21/43	PL. N° 01-20

ANEXO Q. Planos del sistema Integralmed

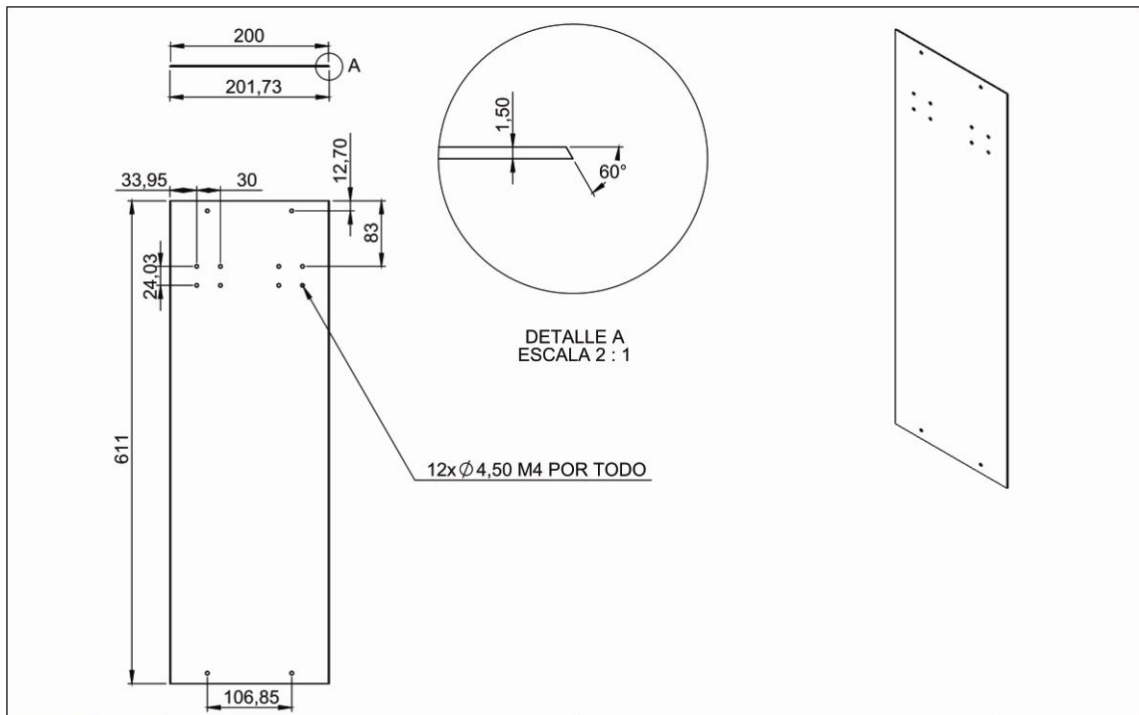


		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PARED FRONTAL ELECTRICA		PIEZA N° 21	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: 1:3	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 22/43	PL. N° 01-21

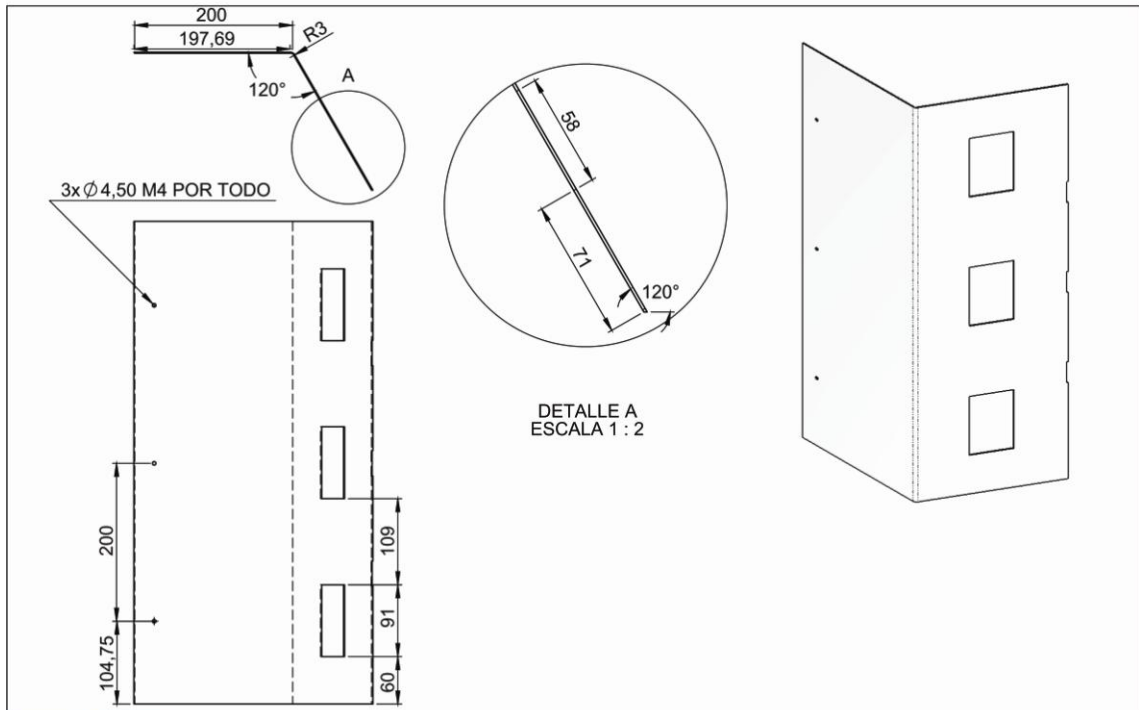


		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PARED POSTERIOR ELEC.		PIEZA N° 22	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: 1:3	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 23/43	PL. N° 01-22

ANEXO R. Planos del sistema Integralmed

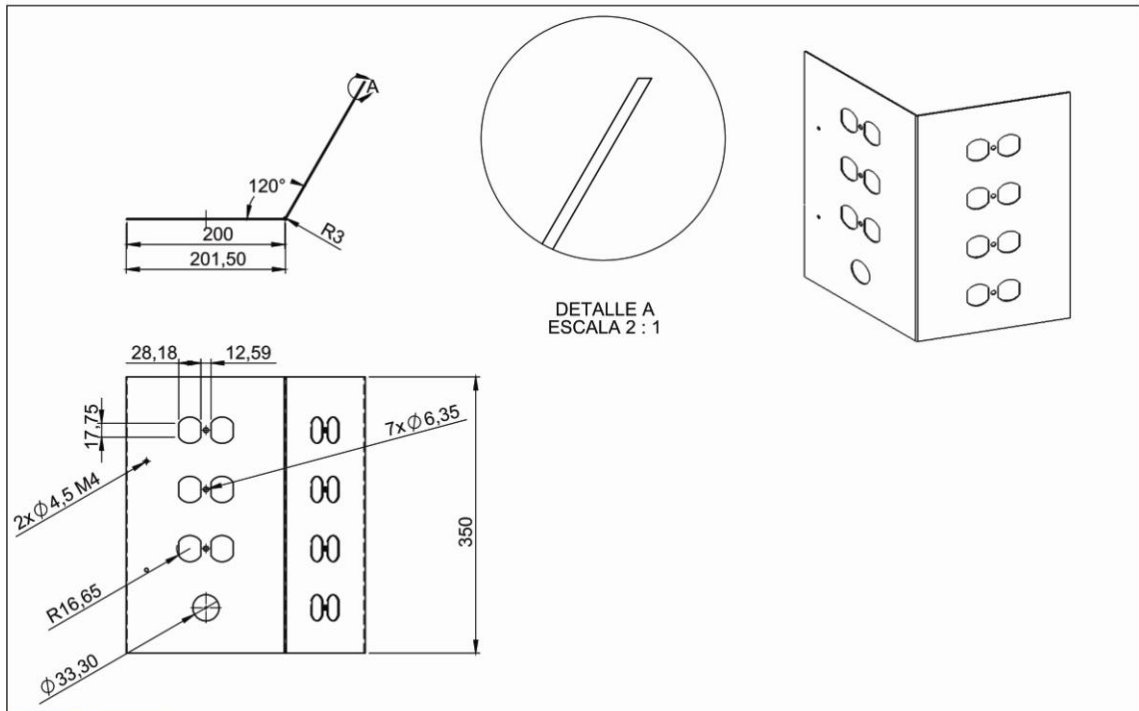





	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PARED POSTERIOR GAS		PIEZA N° 23	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 24/43	PL. N° 01-23

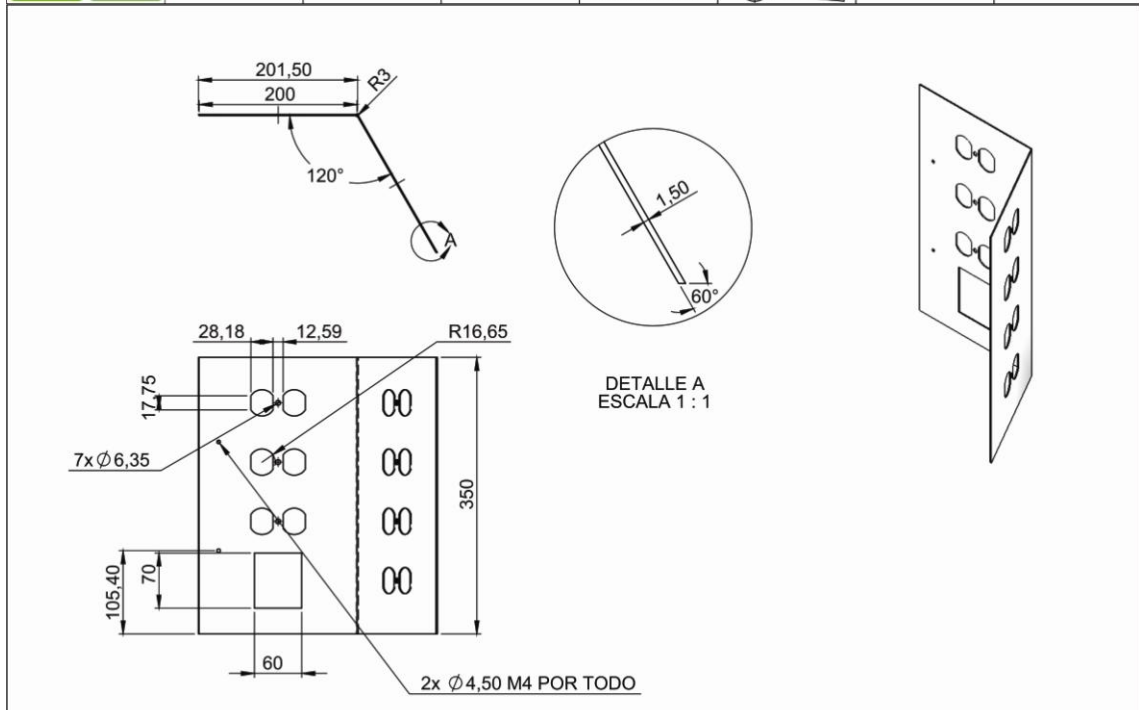





	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PUERTA GAS		PIEZA N° 24	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 25/43	PL. N° 01-24

ANEXO S. Planos del sistema Integralmed

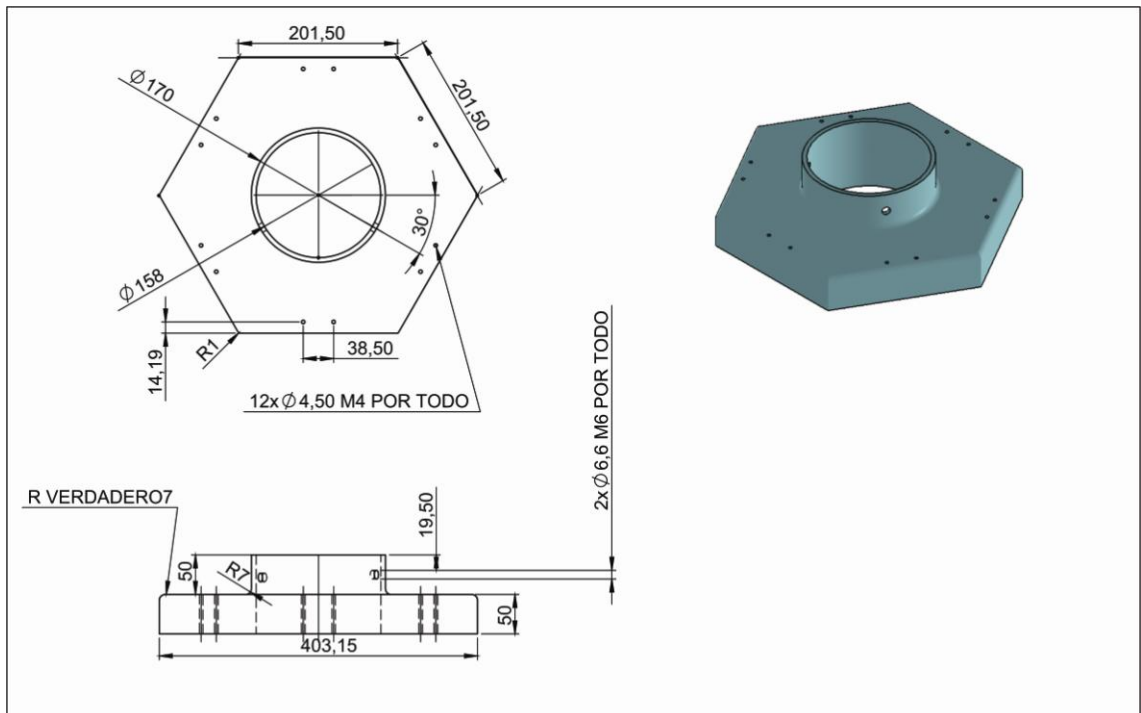




		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PUERTA DERECHA ELEC.		PIEZA N° 25	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA:1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 26/43	PL. N° 01-25

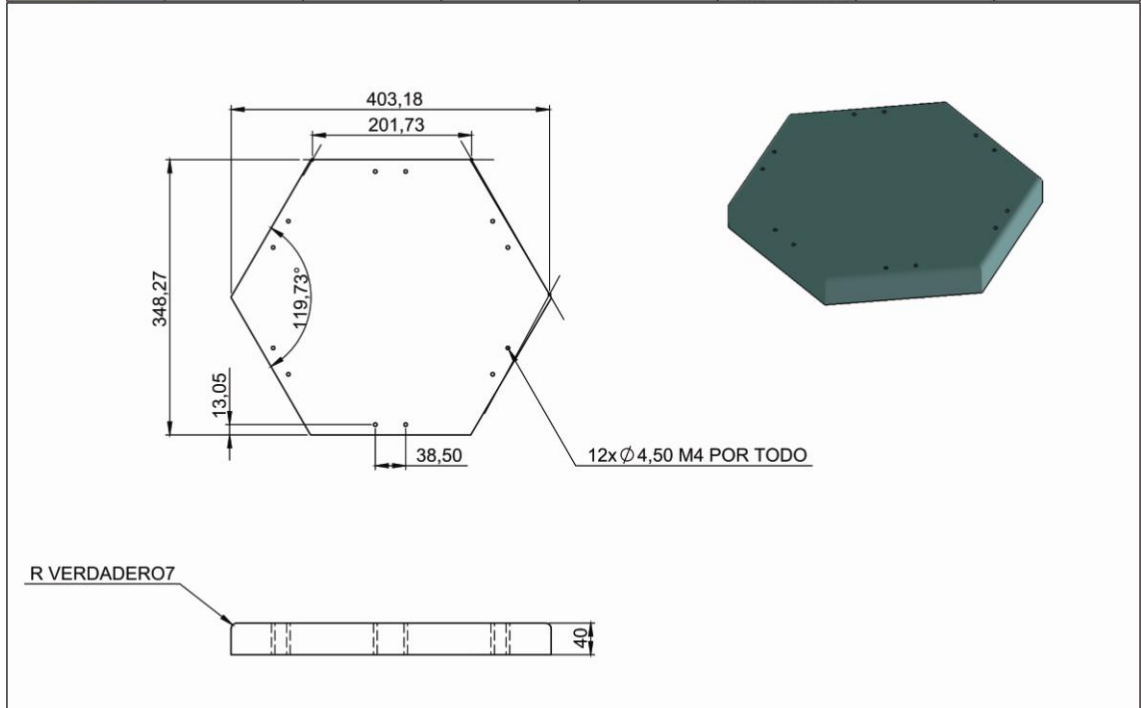




		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			PUERTA IZQUIERDA ELEC		PIEZA N° 26	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/05/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 27/43	PL. N° 01-26

ANEXO T. Planos del sistema Integralmed

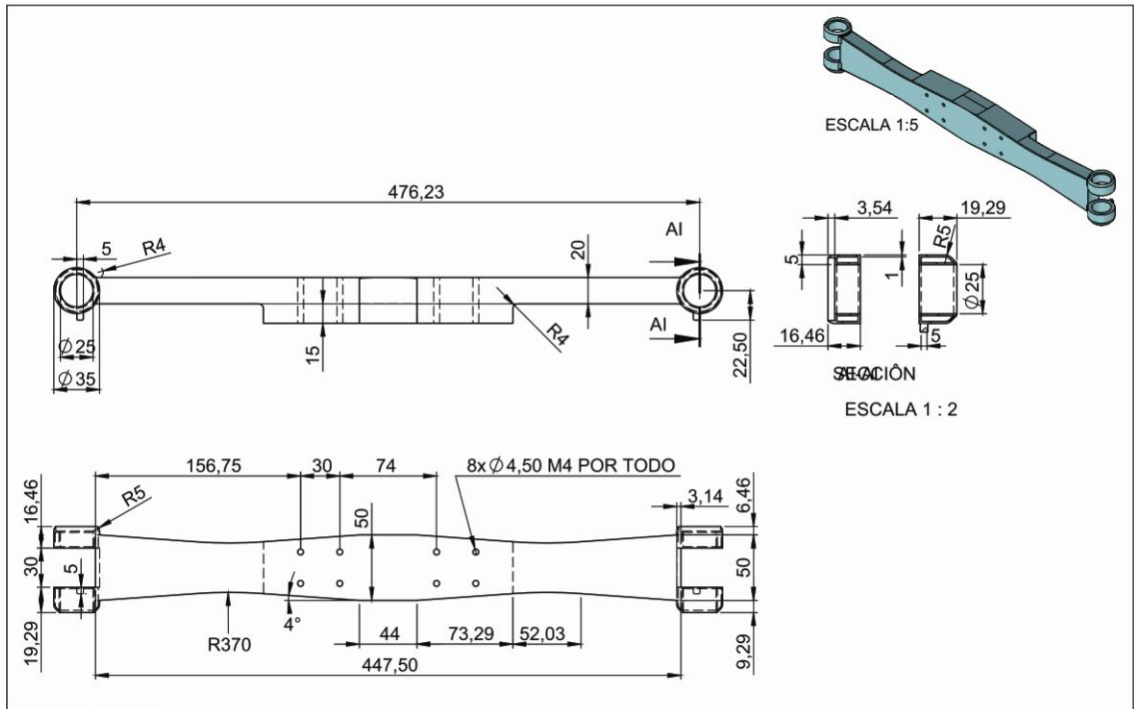


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TAPA SUPERIOR	PIEZA N° 27	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 28/43

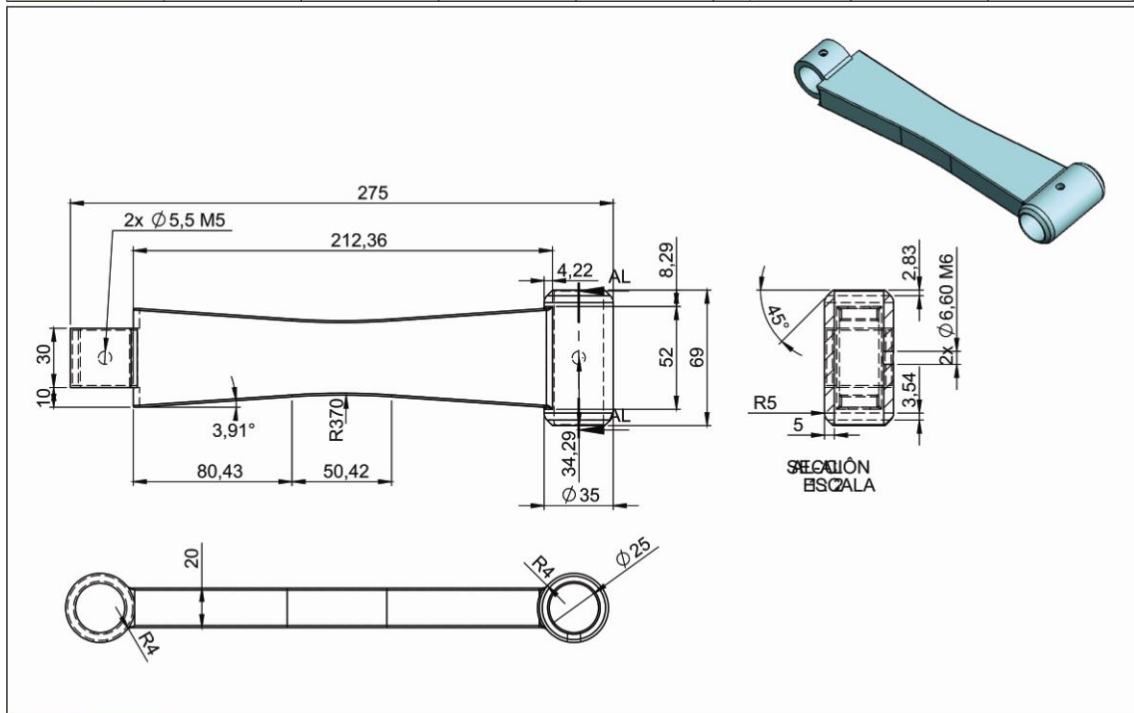


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TAPA INFERIOR	PIEZA N° 28	MATERIAL: AISI 307L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 29/43

ANEXO U. Planos del sistema Integralmed

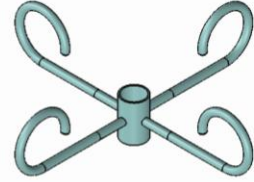
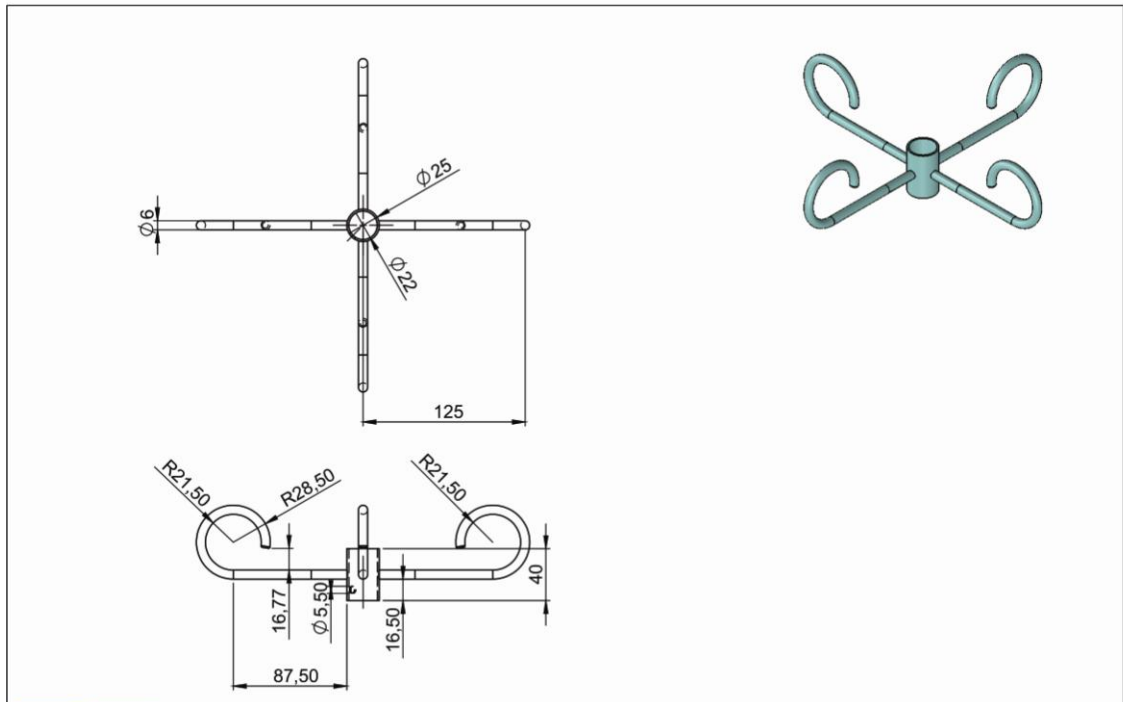


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			ANTEBRAZO	PIEZA N° 29	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:2	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 30/43

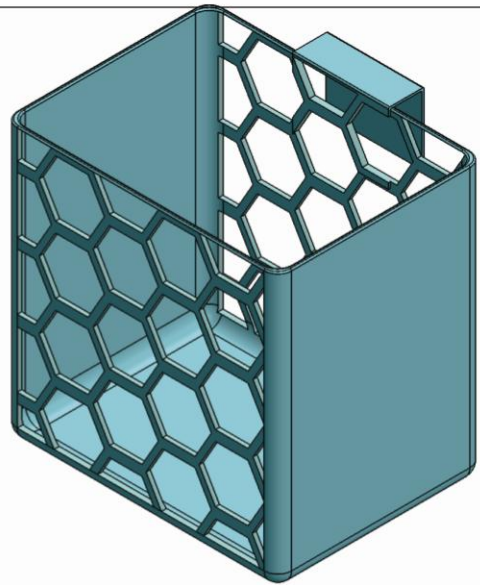
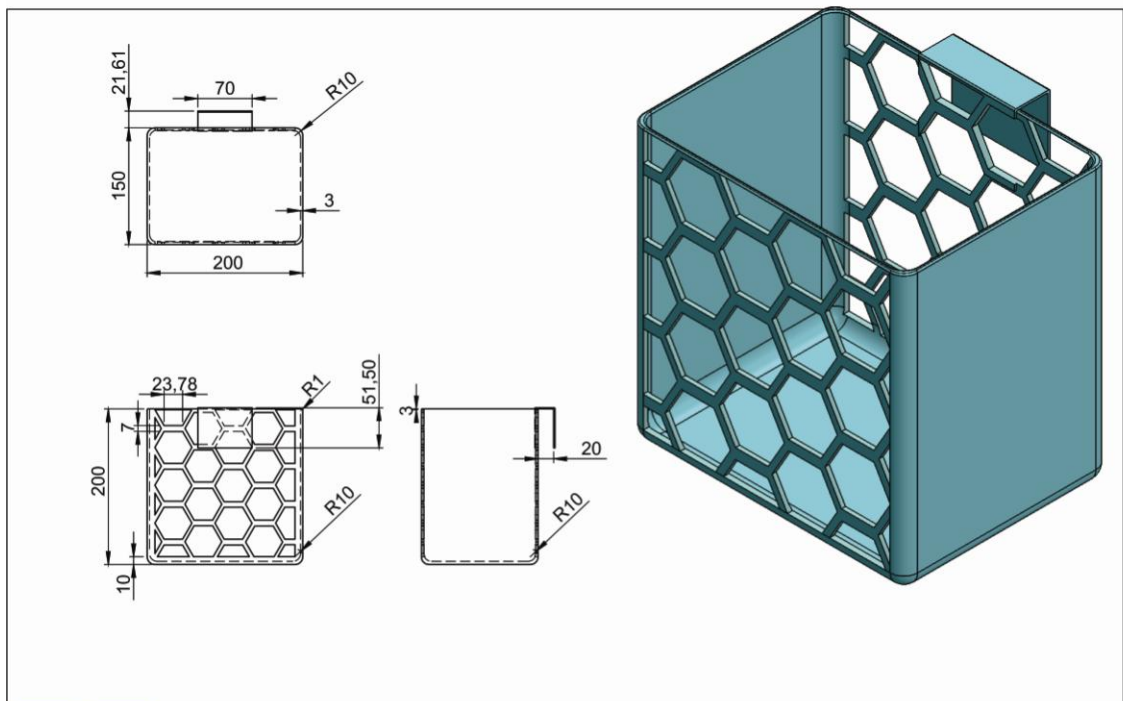


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			BRAZO	PIEZA N° 30	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 31/43

ANEXO V. Planos del sistema Integralmed

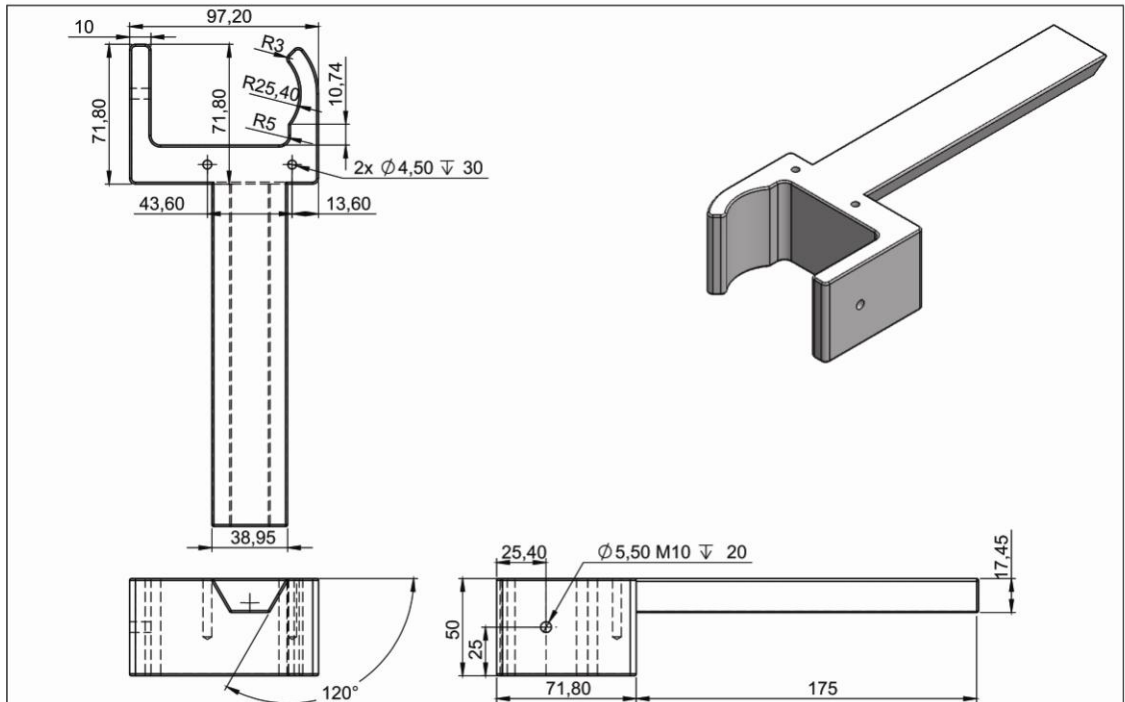


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			ATRIL	PIEZA N° 31	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:2	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON	HOJA: 32/43	PL. N° 01-31

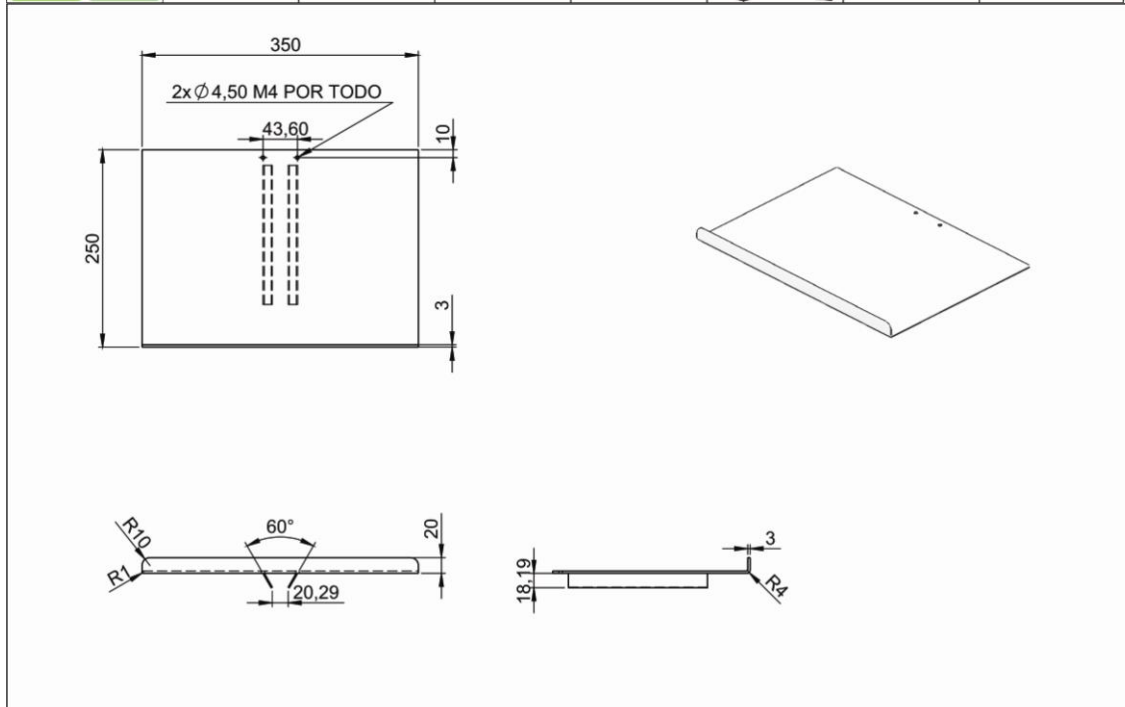


	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			CANASTILLA	PIEZA N° 32	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON	HOJA: 33/43	PL. N° 01-32

ANEXO W. Planos del sistema Integralmed

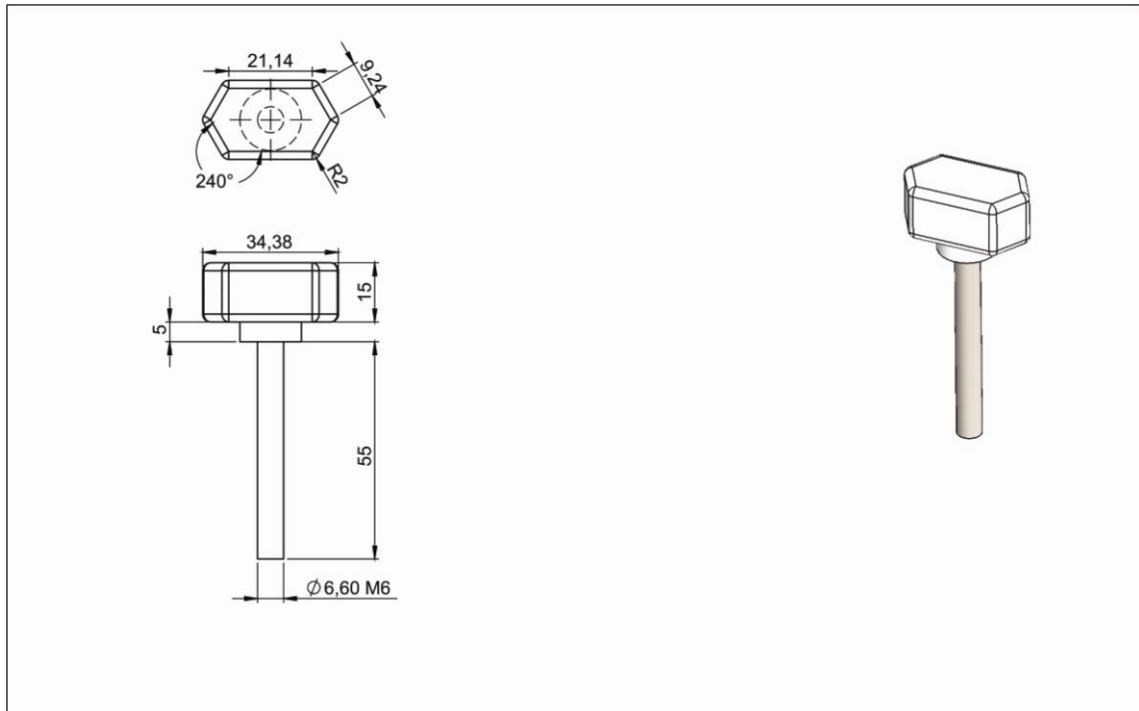





	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			ABRAZADERA		PIEZA N° 33	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:2	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 34/43	PL. N° 01-33

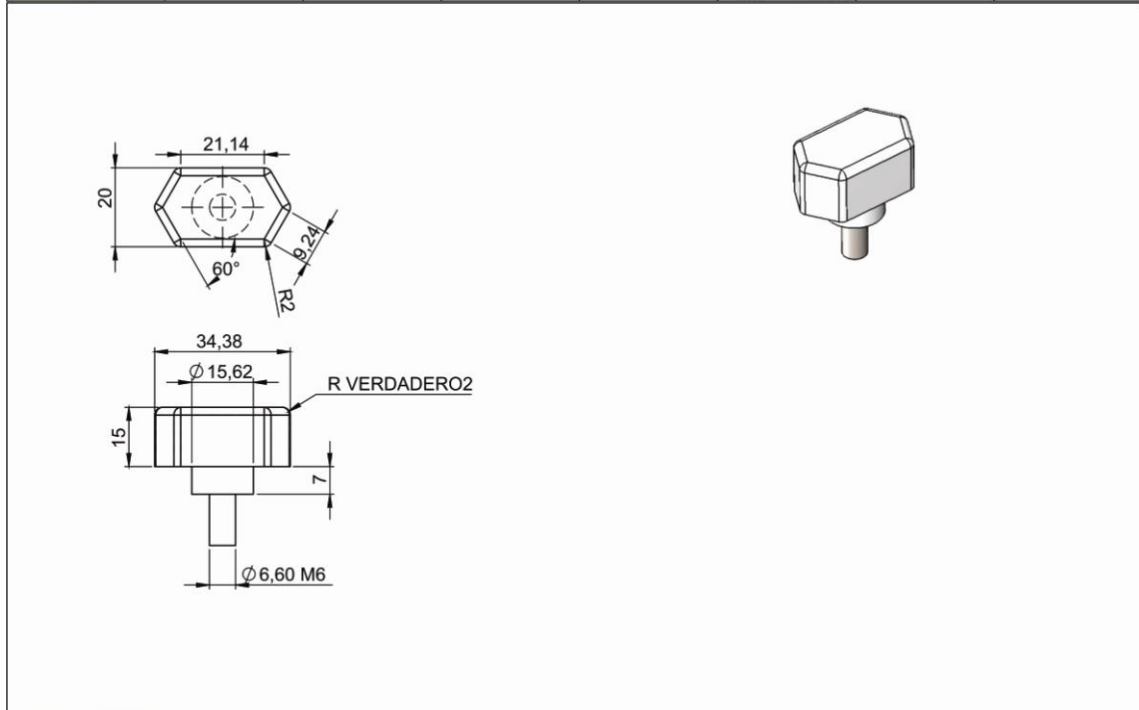




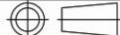
	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			REPISA		PIEZA N° 34	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 35/43	PL. N° 01-34

ANEXO X. Planos del sistema Integralmed

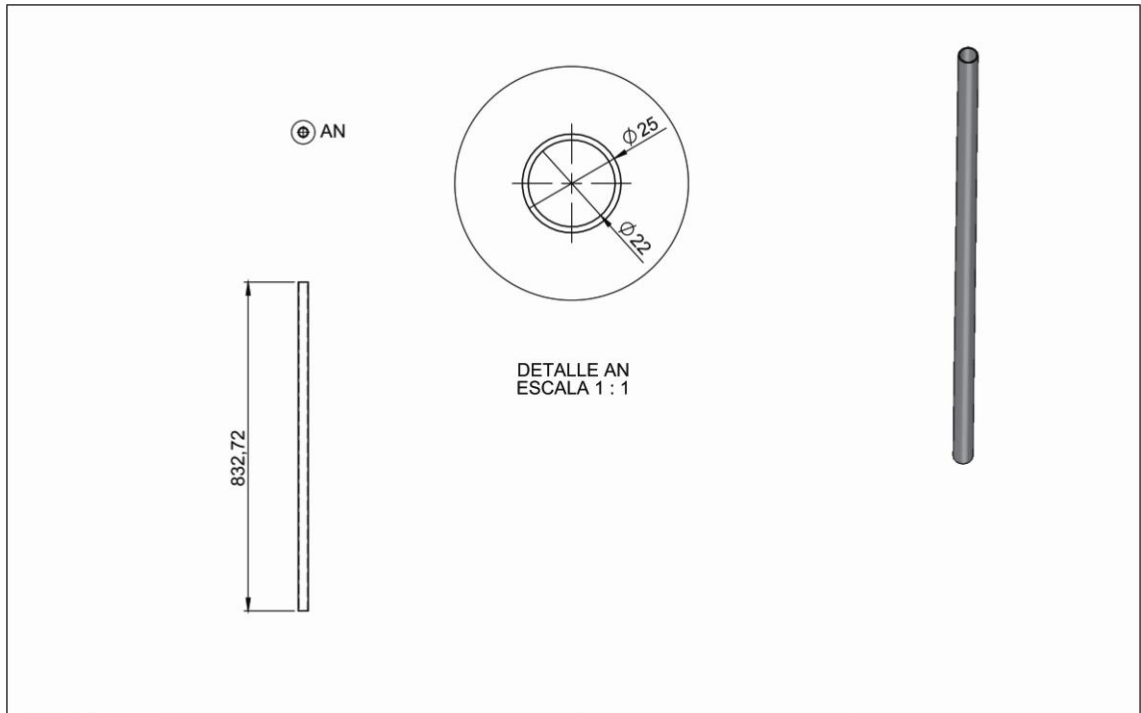





		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TORNILLO DE AJUSTE LARGO	PIEZA N° 35	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: 1:1	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 36/43

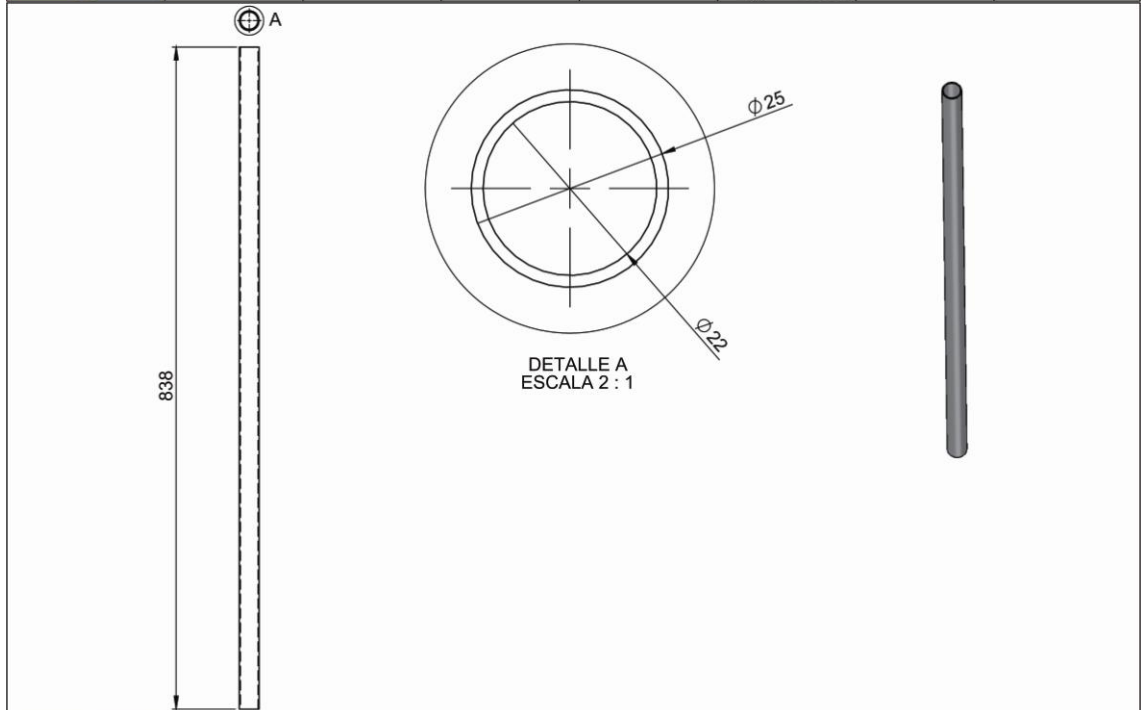





		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TORNILLO DE AJUSTE CORTO	PIEZA N° 36	MATERIAL: AISI 304 L
		ESCALA: 1:1	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 37/43

ANEXO Y. Planos del sistema Integralmed

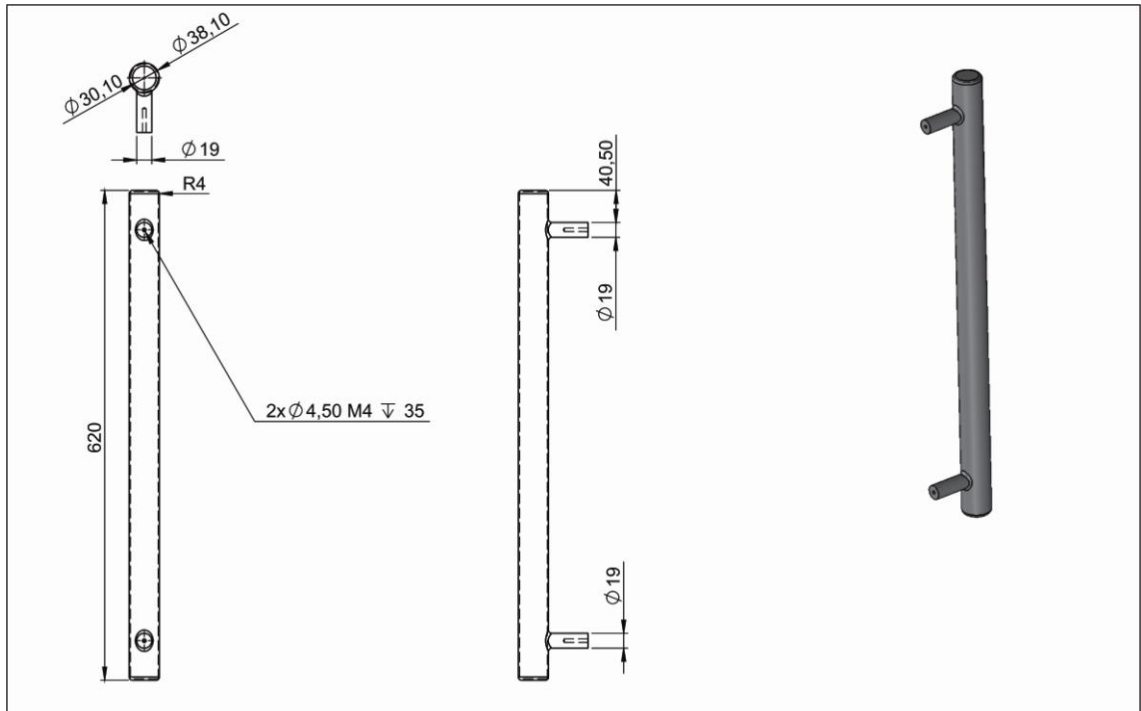


		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TUBO ANTEBRAZO-BRAZO		PIEZA N° 37	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: 1:10	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 38/43	PL. N° 01-37

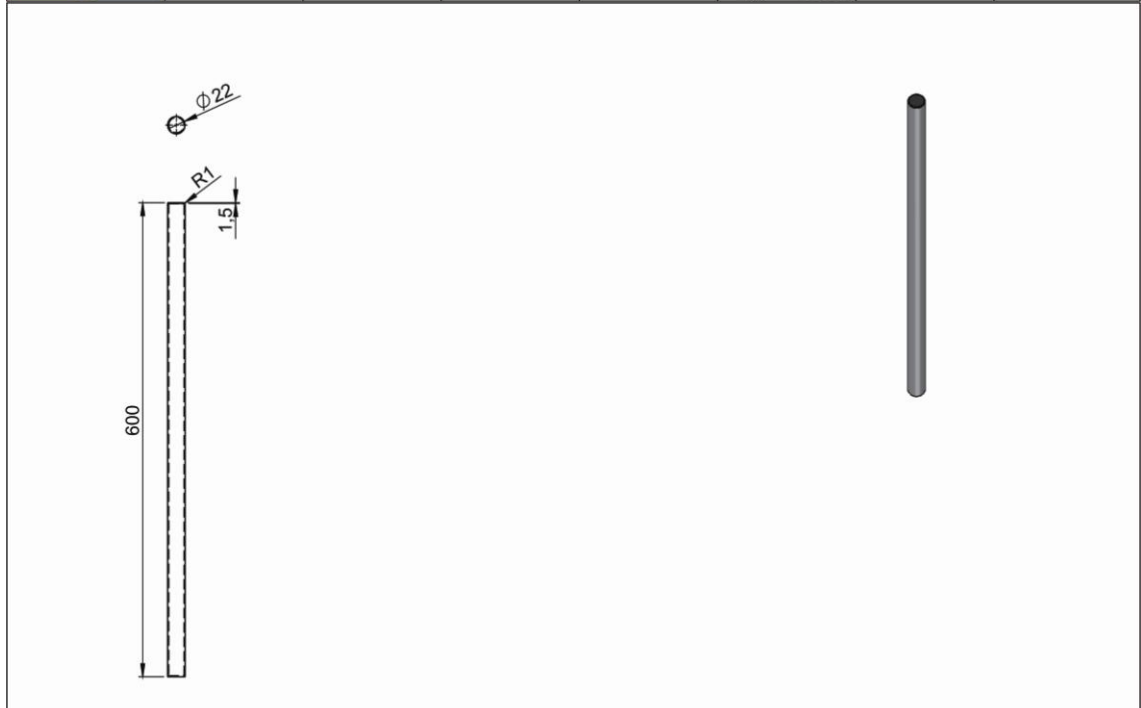


		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TUBO BRAZO		PIEZA N° 38	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: A:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 39/43	PL. N° 01-38

ANEXO Z. Planos del sistema Integralmed

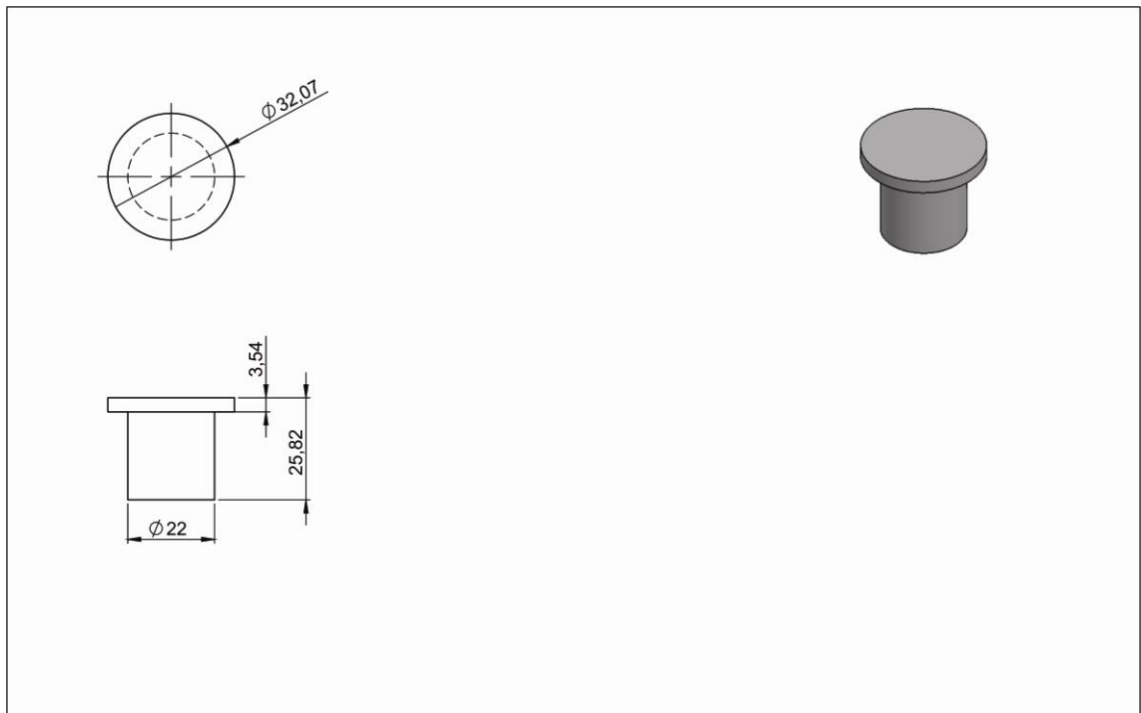






	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TUBO CENTRAL		PIEZA N° 39	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 40/43	PL. N° 01-39

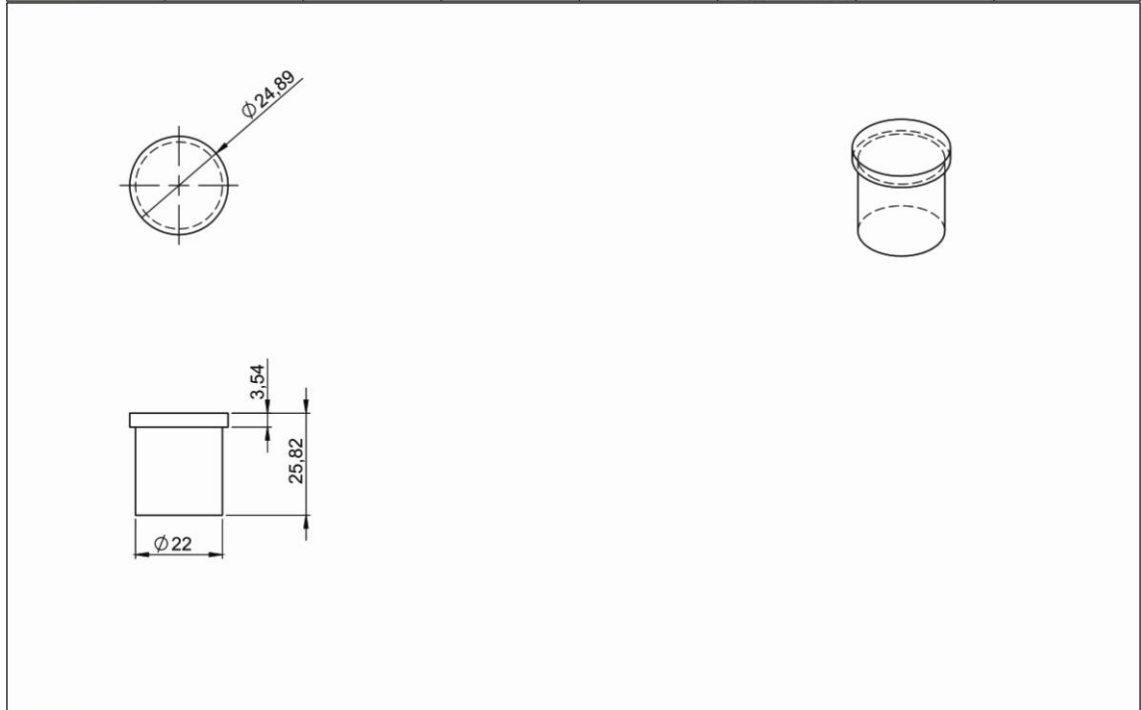






	ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TUBO ATRIL		PIEZA N° 40	MATERIAL: AISI 304L
	ESCALA: 1:5	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON		HOJA: 41/43	PL. N° 01-40

ANEXO AA. Planos del sistema Integralmed



		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TAPON CON ROSCA TUBO		PIEZA N° 41	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: 1:1	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C.RONDON			HOJA: 42/43



		ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL			TAPON CON ROSCA INFERIOR		PIEZA N° 42	MATERIAL: AISI 304L
		ESCALA: 1:1	MEDIDAS EN: mm	FECHA: 13/06/13	DIBUJADO POR: C. RONDON			HOJA: 43/43