	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	1 de 68

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL HOTEL BARLOVENTO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA

Autor

Jorge Adrián Peña Zurita

Director

José Manuel Ramírez Quintero


M.Sc. Ingeniero Mecánico

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,
MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, Noviembre 16 del 2016

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	2 de 68

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL HOTEL BARLOVENTO

Autor

Jorge Adrián Peña Zurita

Código: 1094269014

Mail: jorgeadrian792@gmail.com

Teléfono: 3168251377

Director

José Manuel Ramírez Quintero

M.Sc. Ingeniero Mecánico

Mail: ingeniero_josemanuel@hotmail.com

**PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA,
MECATRONICA E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, Noviembre 16 del 2016




	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	3 de 68

TABLA DE CONTENIDO


1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. OBJETIVOS.....	12
4.1 OBJETIVO GENERAL	12
4.1.1 Diseñar un plan de mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado del Hotel Barlovento de la ciudad de Cartagena.....	12
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4.2.1 Realizar el inventario de equipos instalados para el sistema de aire acondicionado.....	12
4.2.2 Actualizar los planos de los equipos instalados así como sus capacidades, dimensión de ductería y cargas térmicas.....	12
4.2.3 Optimizar los formatos de mantenimiento para recopilar información y llevar el seguimiento de los equipos.....	12
4.2.4 Realizar análisis de criticidad de los equipos del sistema de aire acondicionado.	12
4.2.5 Diseñar rutinas de mantenimiento ajustadas a las necesidades de los equipos críticos.	12
5. ESTADO ACTUAL	13
5.1 Aire Acondicionado	13
5.2 Funcionamiento	14
5.3 Aplicaciones aire acondicionado	15
5.3.1 Acondicionamiento de aire para producir confort.	15
5.3.2 Acondicionamiento industrial	16
5.4 Sistemas de aire acondicionado.....	16
5.5 Clasificación de los sistemas de aire acondicionado.	16

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	4 de 68


5.6 Mantenimiento	17
5.6.1Mantenimiento Preventivo	17
5.6.2Análisis de criticidad	18
5.6.2.1 Frecuencia.	46
La frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado.	46
5.6.2.2 Consecuencia.	46
Está definida como la probabilidad de que una causa en particular ocurra, durante la vida esperada del producto, equipo o sistema.	46
5.6.2.3 Impacto operacional.	46
Se entiende como los efectos directos o indirectos en la operación de un sistema productivo, y es cuantificada de la siguiente forma:.....	46
5.6.2.4 Flexibilidad operacional.	46
Definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la operación sin incurrir en costos o pérdidas, y es cuantificada de la siguiente forma:	46
5.6.2.5 Costo de Mantenimiento.	46
Hace referencia a los costes que implican las labores de mantenimiento, sin tener en cuenta los costos inherentes a los costos de operación sufridos por la falla.	46
5.6.2.6 Impacto de seguridad y medio ambiente.	46
Es un indicador enfocado a evaluar los posibles inconvenientes que puede causar sobre la salud de las personas o el impacto en el medio ambiente.....	46
Tabla 1.	18
5.7 Corrosión	19
5.8 Carta psicrometrica	19
5.8.1 Tabla psicrométrica y Carta psicrometrica.....	19
6. ANTECEDENTES	21
6.1 Sistema de aire acondicionado solar desecante con intercambiador de calor recubierto con gel de sílice	21

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	5 de 68

6.2 Consumo energético de sistemas de climatización centralizado y con volumen de refrigerante variable con control BACnet.	22
6.3 Gerenciamiento del plan de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado de precisión del edificio del COR de la refinería de Barrancabermeja con base en la metodología R.C.M	22
7. METODOLOGIA PROPUESTA	23
7.1 Inspección	24
7.1.1 Instrumentos utilizados para realizar la medición:.....	24
7.1.1.1 Psicrómetro Analógico de giro.	24
7.1.1.2 Termo-Anemómetro	25
7.1.1.3 Termómetro infrarrojo laser	25
7.1.2.1 Chiller	26
7.1.2.2 Bombas Armstrong.....	27
7.1.2.3 Torre de Enfriamiento	28
7.1.2.4 Unidad manejadora de aire.....	29
7.1.2.5 Fan-Coil.....	30
7.1.3 Informe visita al hotel Barlovento.....	30
7.2 Planos Record de montaje del sistema de aire acondicionado.....	36
8. RESUMEN DE ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA.....	48
8.1 Resumen actividades.....	48
1. Realizar el inventario de equipos instalados para el sistema de aire acondicionado.....	48
2. Actualizar los planos de los equipos instalados así como sus capacidades, dimensión de ductería y cargas térmicas.....	48
3. Optimizar los formatos de mantenimiento para recopilar información y llevar el seguimiento de los equipos.	48
4. Realizar análisis de criticidad de los equipos del sistema de aire acondicionado.	48
5. Seleccionar Actividades de mantenimiento ajustadas a las necesidades de los equipos críticos.	


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	6 de 68

8.2	Cronograma de actividades.....	49
9.	RECURSOS NECESARIOS	50
9.1	Recursos humanos	50
9.2	Recursos financieros.....	50
10.	RESULTADOS	51
10.1	Mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado del hotel barlovento de la ciudad de cartagena.introducción.	51
10.2	Descripción del sistema.....	52
10.3	Programa del trabajo:	55
10.4	Personal disponible	56
10.3	experiencia en contratos similares	57
10.5	Trabajos no contemplados en esta oferta	57
10.6	Exclusiones y garantías.....	57
10.7	Propuesta económica.....	58
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	7 de 68


LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de criticidad.....	18
Tabla 1. Cuadro comparativo	31
Tabla 2. Cuadro comparativo Fan & Coil.....	31
Tabla 3. Check list Fancoils.....	39
Tabla 5. Check list Bombas de succión.....	40
Tabla 6. Check list Chiller.....	41
Fuente: Autor	42
Tabla 7. Check list Torre de enfriamiento por agua.....	42
Tabla 8. Check list Unidad manejadora de aire.....	44
Tabla 10. Diagrama de Gantt cronograma y descripción de actividades.....	49
Tabla 11. Análisis de precio unitario.	50
Tabla 12. Análisis de Cotización Mtto.	58

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	8 de 68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama básico de un sistema de refrigeración	15
Figura 2. Tabla psicrometrica del aire seco a la presión atmosférica	20
Figura 3. Carta Psicrometrica	21
Figura 4. Metodología general para el desarrollo del proyecto.....	23
Figura 5. Psicrómetro Analógico de giro.	24
Figura 6. Termo-Anemómetro	25
Figura 7. Termómetro infrarrojo laser	26
Figura 8. Chiller Hotel Barlovento	27
Figura 9. Bombas Armstrong.....	28
Figura 10. Torre de enfriamiento	29
Figura 11. Unidad manejadora de aire (UMA)	29
Figura 12. Fan-Coil.....	30
Figura 13. Fuga en el ducto que suministra el aire al 4 piso.	33
Figura 14. Velocidad y temperatura de la corriente de aire detectada en el cielo raso del 4to piso.	33
Figura 15. Mala selección de conductos y divergencia entre los planos de diseño.....	34
Figura 16. Mala selección del ductería y divergencia entre los planos de diseño	34
Figura 17. Las habitaciones no tienen la suficiente estanqueidad como para evitar la filtración de aire hacia el cielo raso del pasillo.....	35
Figura 18. Humedad en el cielo por condensación y goteo.	36
Figura 18. Plano modelo del 3er, 4to, 5to piso.	37
Figura 18. Plano piso técnico de unidades primarias.....	38


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	9 de 68

1. INTRODUCCIÓN

La empresa Comercial y Servicios Larco S.A.S. (CSL) es una empresa que concentra sus actividades en la transferencia de calor aplicada al acondicionamiento del aire, para la creación de ambientes con condiciones térmicas de confort, proyectos de talla industrial y todos aquellos procesos que demanden algún tipo de refrigeración. CSL, nació en el año de 1982, establecida por la necesidad de especializar y formar personal de ingeniería idónea para la comercialización, diseño, instalación, mantenimiento de sistemas de refrigeración y ventilación. Originalmente esta compañía tiene su inicio en LARCO S.A., la cual fue una empresa fundada en 1954, dedicada al diseño, fabricación e instalación de equipos mecánicos, siendo líder en este ámbito del mercado.

En la actualidad CSL S.A está conformado por más de 350 personas, entre los que se cuentan: técnicos, ingenieros, personal administrativo y auxiliar, con los cuales se tiene la capacidad de obtener los mejores resultados en calidad, desempeño y funcionalidad de los sistemas de acondicionamiento térmico. La empresa ha realizado proyectos en todo el país de carácter residencial, comercial e industrial, haciendo presencia en diferentes ciudades como Medellín, Bogotá y Cartagena. Actualmente es reconocido a nivel nacional en la ingeniería de climatización, que involucra el aire acondicionado, Ventilación, Extracción y Acondicionamiento Evaporativo, desarrollado a lo largo de la historia de la compañía (Larco, 2012).


Los equipos de refrigeración de acuerdo a su aplicación tienen un número diferente de horas de trabajo (el cual generalmente es elevado), por este motivo son propensos a fallar, ya que el uso excesivo y la falta de mantenimiento son las principales causas que paralizan a un equipo, por ello una revisión frecuente mantendrá los equipos en mejores situaciones y evitará costos más elevados por mantenimientos correctivos, haciendo necesario un plan mantenimiento preventivo, que tenga actividades de inspección, tanto como de funcionamiento, limpieza y calibración. El plan de mantenimientos preventivo es diseñado con el fin que las fallas sean reducidas al mínimo y que ninguna pieza o componente que presente avería sea olvidado dándole asistencia inmediata y hallar su causa raíz, prevenir fallas y conservar las maquinas en óptima operación, alargando su vida útil, para ello debe de llevarse a cabo la inspección en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control, ya que su propósito es prevenir fallas y conservar las maquinas en óptima operación (Gómez, 2013).

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	10 de 68

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El hotel Barlovento de la ciudad de Cartagena se encuentra en el barrio Bocagrande, cuyo ambiente es altamente corrosivo, siendo un gran enemigo de los equipos, la periodicidad del mantenimiento debe ser bastante alta debido a este factor, por ello se requiere un plan de mantenimiento capaz de prevenir y corregir en el momento oportuno cualquier falla o daño en el equipo.


La presencia de la corrosión en la maquinaria, causa pérdidas enormes e infortunios incalculables, por la rotura de piezas debilitadas gracias a la oxidación y la corrosión, ocasionando fallos en las instalaciones de refrigeración tales como roturas de tuberías de conducción de gas o hidráulicas, fallas de estructuras metálicas y daños en el sistema eléctrico, lo cual indica que las pérdidas económicas producto de la corrosión son cuantiosas, cuando no se tiene una plan de contingencia para prevenir y atenuar sus efectos (Blanco, 2010). Esta empresa actualmente realiza un mantenimiento semestral a todos los equipos pero no tienen un plan de mantenimiento fundamentado en optimizar los tiempos y reducir las averías al mínimo posible

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	11 de 68

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad El Hotel Barlovento no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo idóneo, para contrarrestar el efecto que producen las condiciones a las que se encuentran expuestos los equipos de refrigeración. CSL dispone de un personal técnico calificado con experiencia en el mantenimiento y montaje de equipos, sin embargo no es suficiente cuando no existe un plan de mantenimiento eficaz, capaz de prevenir la falla. En la actualidad se realizan labores de mantenimiento correctivo de emergencia y programado con a todo el sistema, que consiste en: lavado químico, lavado de filtros, búsqueda de fugas en la tubería y aplicación de los correctivos necesarios.

En beneficio de la empresa a la cual me encuentro vinculado, se presenta este proyecto, que cumple con los compromisos estipulados. Las labores de mantenimiento que en el Hotel Barlovento son desarrolladas no son lo suficientemente efectivas, en cuanto a tiempo de aplicación y resolución de la causa raíz, La empresa CSL resulta beneficiada con la aplicación de este plan de mantenimiento, gracias a que al reducir los tiempos de parada aumenta la satisfacción del cliente obteniendo un ganancia directa, al evitar las paradas inesperadas y prolongar la vida útil de los equipos, evitando así correctivos tal como, la recarga constante de refrigerante por fugas en la tubería entre otros, reduciendo el impacto ambiental que estos equipos generan al ambiente ,brindando unas mejores condiciones de trabajo a sus empleados y una mejora en la prestación de este servicio a sus clientes.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	12 de 68


4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- 4.1.1 Diseñar un plan de mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado del Hotel Barlovento de la ciudad de Cartagena.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1 Realizar el inventario de equipos instalados para el sistema de aire acondicionado.
- 4.2.2 Actualizar los planos de distribución de los equipos instalados así como sus capacidades, dimensión de ducteria.
- 4.2.3 Optimizar los formatos de mantenimiento para recopilar información y llevar el seguimiento de los equipos.
- 4.2.4 Realizar análisis de criticidad de los equipos del sistema de aire acondicionado.
- 4.2.5 Seleccionar rutinas de mantenimiento ajustadas a las necesidades de los equipos críticos.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	13 de 68

5. ESTADO ACTUAL

5.1 Aire Acondicionado

La ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) define el acondicionamiento del aire como: "El proceso de tratar el aire, de tal manera, que se controle simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución, para que cumpla con los requisitos del espacio acondicionado". Como se indica en la definición, las acciones importantes involucradas en la operación de un sistema de aire acondicionado son:


- Control de la temperatura.
- Control de la humedad.
- Filtración, limpieza y purificación del aire.
- Circulación y movimiento del aire.

El acondicionamiento completo de aire, proporciona el control automático de estas condiciones, tanto para el verano como para el invierno. El control de temperatura en verano se logra mediante un sistema de refrigeración, y en invierno, mediante una fuente de calor. El control de humedad en verano requiere de deshumidificadores, lo que se hace normalmente al pasar el aire sobre la superficie fría del evaporador. En el invierno, se requiere de humidificadores, para agregarle humedad al aire en el sistema de calentamiento. La filtración del aire, en general, es la misma en verano que en invierno.

El acondicionamiento de aire en casas, edificios o en industrias, se hace por dos razones principales: proporcionar confort al humano, y para un control más completo del proceso de manufactura; el control de la temperatura y la humedad, mejora la calidad del producto terminado. (Ramirez, 2013)

Este es un proceso endotérmico debido a que en este se extrae calor de un cuerpo o espacio, con el fin de bajar su temperatura transportando el calor mediante un fluido refrigerante a otro lugar, con capacidad de admitir la energía térmica extraída. Los sistemas de refrigeración tienen un gran impacto en las zonas ecuatoriales y en las otras regiones en las épocas de verano, aumentando el consumo eléctrico de los hogares, hospitales, hoteles, edificios institucionales. La facilidad de compra de los equipos de refrigeración gracias a sus bajos costos y el aumento del poder adquisitivo en la población ha aumentado la demanda.

Estos equipos por lo general tienen potencias eléctricas superiores a 1KW, lo cual ocasiona que la demanda energética de un país aumente, haciendo necesario que sean eficientes y su funcionamiento óptimo, añadiendo una correcta operación, mediante temperaturas, velocidad de distribución de fluidos, tiempos de utilización, sistemas de control óptimos y un buen plan de mantenimiento que conserve el correcto funcionamiento del sistema. (Aranda Usón, Zabalza Bribián, Diaz de Garaio, & Llera Sastresa, 2010)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	14 de 68

Para acondicionar aire en un espacio, se requiere tener conocimientos básicos de las propiedades del aire y la humedad, del cálculo de cargas de calentamiento y de enfriamiento, manejo de las tablas o carta psicrométrica, y del cálculo y selección de equipo. También se requiere del conocimiento y manejo de instrumentos, como termómetros de bulbo seco y de bulbo húmedo (psicrómetro), el higrómetro, tubo de pitot, registradores, manómetros y barómetros. (Ramirez, 2013)

Este es un proceso endotérmico ya que en este caso se extrae calor de un cuerpo o espacio, con el fin de bajar su temperatura transportando el calor mediante un fluido refrigerante a otro lugar, con capacidad de admitir la energía térmica extraída. Los sistemas de refrigeración tienen un gran impacto en las zonas ecuatoriales y en las otras regiones en las épocas de verano, aumentando el consumo eléctrico de los hogares, hospitales, hoteles, edificios institucionales. La facilidad de compra de los equipos de refrigeración gracias a sus bajos costos y el aumento del poder adquisitivo en la población ha aumentado la demanda.

Estos equipos por lo general tienen potencias eléctricas superiores a 1KW, lo cual ocasiona que la demanda energética de un país aumente, haciendo necesario que sean eficientes y su funcionamiento óptimo, añadiendo una correcta operación, mediante temperaturas, velocidad de distribución de fluidos, tiempos de utilización, sistemas de control óptimos y un buen plan de mantenimiento que conserve el correcto funcionamiento del sistema. (Aranda Usón, Zabalza Bribián, Diaz de Garaio, & Llera Sastresa, 2010)

5.2 Funcionamiento

La función principal de un sistema de refrigeración o de aire acondicionado, es la de transportar calor de un lugar a otro por medio de trabajo, siendo el refrigerante su vehículo de transferencia para extraer el calor. Estos fluidos se caracterizan por cambiar de fase con temperaturas muy bajas, alrededor de los 5 °C. El principio de funcionamiento de un sistema de refrigeración básico es:

- Proceso **1-2:** Se realiza la compresión del refrigerante por acción de la energía (W_c) del estado 1 hasta la presión del condensador el estado.
- Proceso **2-3:** El refrigerante que fluye a presión constante en el condensador transfiere calor hacia el exterior Q_{out} y sale como líquido en el estado 3.
- Proceso **3-4:** Entra a la válvula de expansión para el proceso estrangulación, desde el estado 3 hasta la mezcla líquido vapor en 4.
- Proceso **4-1:** El refrigerante circula por el evaporador extrayendo el calor (Q_{in}) de la región a refrigerar, y se utiliza para llevar a fase de vapor el refrigerante completando el ciclo.


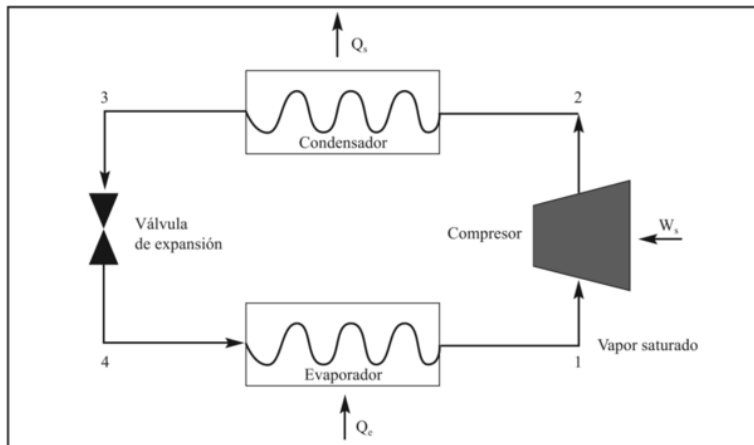
	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	15 de 68

Figura 1. Diagrama básico de un sistema de refrigeración




Fuente: (Aranda Usón, Zabalza Bribián, Diaz de Garaio, & Llera Sastresa, 2010).

5.3 Aplicaciones aire acondicionado

- Aire acondicionado para producir confort
- Acondicionamiento de aire Industrial para procesos.

5.3.1 Acondicionamiento de aire para producir confort.

El acondicionamiento de aire para producir confort es el instalado en Hoteles, casas, escuelas, oficinas, establecimientos comerciales, edificios públicos, iglesias, fábricas, automóviles, autobuses, trenes, barcos y está relacionado con el estado del aire en un lugar específico. Este proceso comprende el control de la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad a la que este circula en un recinto y la limpieza del fluido entregado. Las aplicaciones del acondicionamiento de aire se clasifican en dos tipos, de acuerdo a su función, cuando es acondicionado para producir confort y cuando es para uso industrial. Cuando la función principal del sistema es la de brindar condiciones térmicas agradables se dice que es del tipo para producir confort. En la actualidad existe una gran variedad de sistemas de acondicionamiento de aire, desde sistemas de expansión directa tipo Split, hasta unidades de gran capacidad de tratamiento de aire con agua como fluido frigorífico, en todas ellas los sistemas de refrigeración, son elementos de un sistema frigorífico de mayor o menor medida y tamaño, con fluidos frigoríficos de acuerdo a las necesidades de temperaturas de uso y las condiciones externas del lugar de instalación. Existen distintos sistemas de instalación y refrigeración, los más usados en la actualidad son sistemas de VRV (Volumen de refrigerante

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	16 de 68

Variable) con compresores tipo Scroll de sistema invertir en baterías de etapas de capacidad variable, así como las bombas de calor aire / aire y aire / agua. (Cofrico, Departamento Tecnico, 2010).

5.3.2 Acondicionamiento industrial

Las aplicaciones de acondicionamiento de aire industrial son básicamente las de control térmico y procesos de humidificación y des-humidificación, Aplicado a procesos de secado de productos tales como Carnes, embutidos, textiles, pescado y al enfriamiento de plásticos de inyección entre otros. (Cofrico, Departamento Tecnico, 2010)

5.4 Sistemas de aire acondicionado

El aire acondicionado tiene el propósito de mantener en un lugar cerrado condiciones de humedad y temperatura del aire, que proporcionen comodidad, y la no sudoración brindando una sensación de confort. La transferencia de calor entre el aire de un recinto y un fluido llamado refrigerante, esto se realiza mediante un equipo, con el fin de extraer, humidificarlo o deshumidificarlo según sea el requerimiento y estado del aire atmosférico.


La refrigeración consiste en la extracción de calor a un cuerpo o un espacio, con el fin de reducir o mantener su nivel térmico, siendo el refrigerar un proceso termodinámico en el que se extrae calor del objeto considerado, y se lleva a otro lugar capaz de admitir esa energía térmica sin problemas o con muy pocos problemas.

Los fluidos utilizados para llevar la energía calorífica de un espacio a otro, son llamados refrigerantes. (Cofrico, Departamento Tecnico, 2010)

5.5 Clasificación de los sistemas de aire acondicionado.

Los sistemas de aire acondicionado se clasifican según el tipo de fluido que se utiliza para refrigerar el aire, que se introduce en el local, de la siguiente forma:

- **Solo Aire:** Consiste en sistemas que enfrían o calientan exclusivamente el aire para refrigerar.
- **Aire-Agua:** En este sistema el aire es captado por una Unidad Manejadora de Aire (UMA), la cual lo trata y distribuye mediante ductos a la zona a refrigerar, a su vez en una unidad central ya sea tipo Chiller o Torre el agua se enfría y se hace llegar a la misma zona mediante tubería aislada para alimentar la unidad terminal (Fan-Coil o Inductores), la cual absorberá calor al ambiente del local para brindar las condiciones de confort.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	17 de 68

- **Todo Agua:** Son instalaciones que calientan o enfrían agua y sólo el agua es la que se distribuye a los locales, para llegar a la unidad terminal (Fan-Coil o Inductor) y efectuar la transferencia.
- **Fluido Refrigerífico:** El fluido refrigerante utilizado en el ciclo de compresión de vapor para realizar la transferencia es el que llega al local para enfriarlo. Puede estar comprendido por un sistema centralizado o por unidades autónomas.

5.6 Mantenimiento

El mantenimiento se entiende como uno de los procesos fundamentales dentro de la línea de procesos industriales, ya que es de los pocos conceptos que encierran toda una tecnología y teoría acerca de él, ya que afecta un proceso de producción en todo concepto, tanto desde el punto de vista de la calidad, el administrativo y el financiero.

Definamos el mantenimiento como un conjunto de operaciones y/o procedimientos, para conservar o recuperar una máquina, dejándola en buenas condiciones dentro de un proceso de producción; una actividad científica que previene y optimiza, aumentando la capacidad y el respaldo de la industria.

Su principal objetivo es minimizar el número de fallas y paradas de una máquina perteneciente a un proceso de producción, evitando el deterioro por el mal uso, cuidados insuficientes y daños pequeños corregibles, aumentando la eficiencia de estos y garantizando la tranquilidad necesaria para trabajar pensando en los objetivos que propone la empresa; además podemos hablar acerca de la disminución de los costos de producción, mejoras en el producto final y respeto por el medio ambiente (Marin, 2014) .

5.6.1 Mantenimiento Preventivo

Tipo de mantenimiento "A priori", es la actividad donde el fin es asegurar la calidad en los procesos, los bienes y los servicios de las máquinas, mediante la aplicación de procedimientos preventivos con una frecuencia determinada por la observación directa, la estadística y la programación, más no por demanda de los operarios.

Su característica principal es el detectar fallas en su etapa inicial y corregirlas antes de que causen grandes inconvenientes en los procesos. Este tipo de mantenimiento se encuentra enfocado a la disminución de costos causados por paradas inoportunas o innecesarias de los equipos pertenecientes a la línea de producción, por medio del diseño de buenas prácticas para la detección de averías aplicando la ingeniería y la logística industrial (Marin, 2014) (Sanchez P & Lozada A, 2013).


5.6.2 Análisis de criticidad

El **análisis de criticidad** es una metodología que permite priorizar, sistemas y equipos, estableciendo una estructura que ayuda a tomar de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante. Este un método que permite cuantificar las consecuencias o impacto de las fallas de los componentes de un sistema, y la frecuencia con que se presentan para establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, riesgos y costos totales, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo y/o necesario mejorar la fiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

Tabla 1. Matriz de criticidad.

CONSECUENCIA	22	330	308	286	264	242	220	198	176	154	132	110	88	66	44	22	Criticidad alta 330 250 200 150
	21	315	294	273	252	231	210	189	168	147	126	105	84	63	42	21	
	19	285	266	247	228	209	190	171	152	133	114	95	76	57	38	19	
	17	255	238	221	204	187	170	153	136	119	102	85	68	51	34	17	
	16	240	224	208	192	176	160	144	128	112	96	80	64	48	32	16	Criticidad baja 54 42 36 18
	15	225	210	195	180	165	150	135	120	105	90	75	60	45	30	15	
	13	195	182	169	156	143	130	117	104	91	78	65	52	39	26	13	
	12	180	168	156	144	132	120	108	96	84	72	60	48	36	24	12	
	10	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	
	9	135	126	117	108	99	90	81	72	63	54	45	36	27	18	9	
	8	120	112	104	96	88	80	72	64	56	48	40	32	24	16	8	
	7	105	98	91	84	77	70	63	56	49	42	35	28	21	14	7	
	6	90	84	78	72	66	60	54	48	42	36	30	24	18	12	6	
		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
		FRECUENCIA															

Fuente: Autor

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	19 de 68

5.7 Corrosión

Generalmente los problemas de la corrosión ocurren en ambientes húmedos, donde la sal y otros contaminantes de las carreteras están presentes. Existen tres tipos de atmosferas corrosivas, como son la atmosfera industrial, marina y rural, en nuestro caso las atmosferas marinas el principal problema es la aspersión de sal, ocasionando una corrosión por acción electroquímica, la cual tiene lugar sobre los metales expuestos a la atmósfera húmeda (Fernandez, 2009).

Es frecuente la corrosión del cobre en presencia de ácidos orgánicos volátiles. Así, por ejemplo, se conoce que, en los equipos de aire acondicionado se producen fallos por corrosión en los tubos de cobre, ocasionada por los ácidos orgánicos volátiles desprendidos por los aceites. Otro caso frecuente es la corrosión de objetos de cobre ocasionada por contaminantes presentes en atmósferas interiores, destacando los ácidos orgánicos, siendo los más abundantes de ellos los ácidos acético y fórmico. Las concentraciones de estos contaminantes en este tipo de ambientes es, habitualmente, mucho mayor que en atmósferas exteriores, ya que son emitidos por multitud de materiales (maderas, pinturas, plásticos, etc.) presentes en abundancia en el interior de edificios. (E. Cano, 2004).

5.8 Carta psicrometrica

Psicrometría se especifica como el cálculo de humedad en el aire, siendo esta la ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre las locaciones y el confort humano. Es de vital importancia el conocimiento de los métodos para controlar las propiedades termodinámicas del aire atmosférico una vez sea canalizado en un establecimiento. Lo anterior, se puede llevar a cabo a través del uso de tablas psicrométricas y cartas psicrometricas.

5.8.1 Tabla psicrométrica y Carta psicrometrica.

Las tablas psicrométricas ofrecen una gran precisión, ya que sus valores son de hasta cuatro decimales, por lo general la precisión requerida para la selección de un equipo de acondicionamiento, no requiere tanta precisión, y con el uso de la carta psicrométrica, se puede ahorrar mucho tiempo y cálculos. (Ramirez, 2013)


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	20 de 68

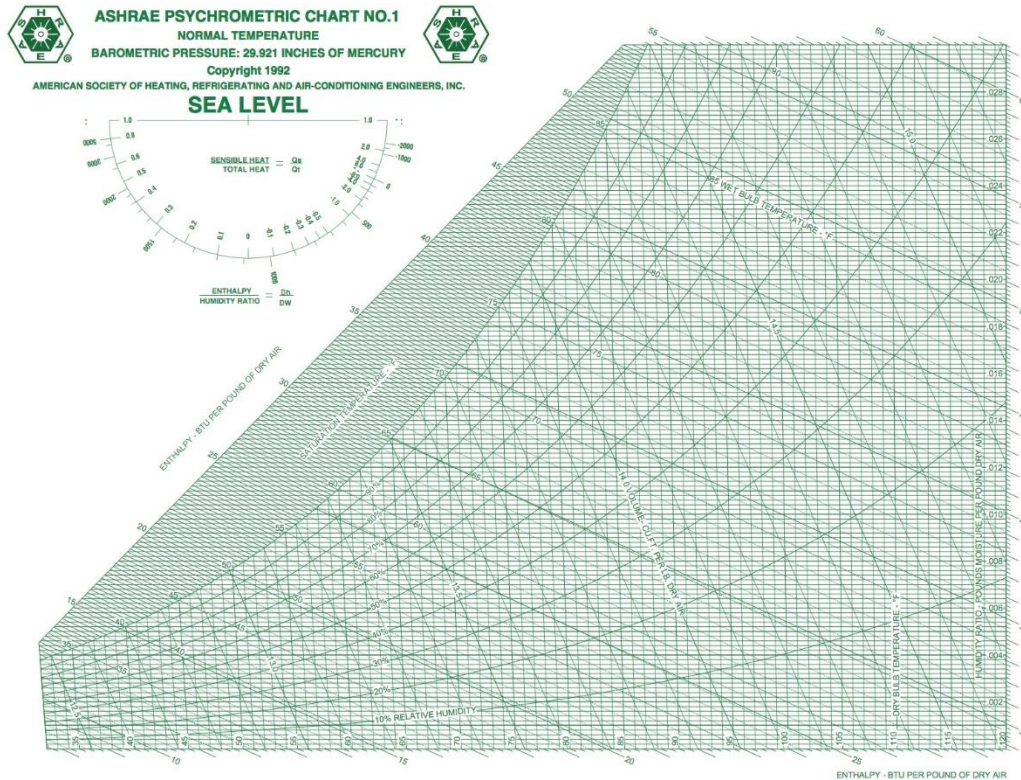
Figura 2. Tabla psicrometrica del aire seco a la presión atmosférica

TEMP. °C	Volumen Especifico (m³/kg)	Densidad (kg/m³)	Entalpia (kcal/kg)	TEMP. °C	Volumen Especifico (m³/kg)	Densidad (kg/m³)	Entalpia (kcal/kg)
-15	0.7304	1.3691	0.6722	18	0.8244	1.2130	8.6372
-14	0.7332	1.3638	0.9123	19	0.8274	1.2086	8.8772
-13	0.7363	1.3581	1.1523	20	0.8302	1.2044	9.1228
-12	0.7391	1.3530	1.3923	21	0.8329	1.2006	9.3628
-11	0.7422	1.3473	1.6323	22	0.8360	1.1961	9.6028
-10	0.7453	1.3416	1.8779	23	0.8389	1.1920	9.8484
-9	0.7480	1.3369	2.1179	24	0.8418	1.1880	10.0706
-8	0.7511	1.3313	2.3579	25	0.8446	1.1839	10.3284
-7	0.7538	1.3266	2.5980	26	0.8474	1.1800	10.5740
-6	0.7563	1.3222	2.8390	27	0.8501	1.1763	10.7640
-5	0.7591	1.3173	3.0835	28	0.8529	1.1725	11.0540
-4	0.7619	1.3125	3.3235	29	0.8556	1.1687	11.2996
-3	0.7650	1.3072	3.5636	30	0.8583	1.1650	11.5396
-2	0.7678	1.3024	3.8036	31	0.8612	1.1611	11.7796
-1	0.7706	1.2977	4.0447	32	0.8645	1.1567	12.0252
0	0.7734	1.2928	4.2892	33	0.8672	1.1531	12.2652
1	0.7756	1.2893	4.5292	34	0.8700	1.1494	12.5052
2	0.7790	1.2837	4.7692	35	0.8727	1.1458	12.7564
3	0.7822	1.2784	5.0148	36	0.8756	1.1420	12.9908
4	0.7850	1.2739	5.2547	37	0.8786	1.1382	13.2308
5	0.7878	1.2693	5.4948	38	0.8816	1.1343	13.4764
6	0.7908	1.2645	5.7404	39	0.8843	1.1308	13.7164
7	0.7933	1.2605	5.9803	40	0.8871	1.1273	13.9620
8	0.7961	1.2562	6.2204	41	0.8900	1.1236	14.2020
9	0.7988	1.2518	6.4615	42	0.8932	1.1196	14.4420
10	0.8015	1.2476	6.7060	43	0.8957	1.1164	14.6820
11	0.8044	1.2431	6.9460	44	0.8987	1.1127	14.9276
12	0.8076	1.2381	7.1860	45	0.9014	1.1093	15.1676
13	0.8104	1.2339	7.3983	46	0.9042	1.1059	15.4132
14	0.8131	1.2297	7.6716	47	0.9073	1.1021	15.6532
15	0.8159	1.2256	7.9116	48	0.9100	1.0988	15.8955
16	0.8188	1.2213	8.1183	49	0.9129	1.0954	16.1400
17	0.8217	1.2168	8.3972	50	0.9158	1.0919	16.3900

Fuente: (ASHRAE, 1992)



Figura 3. Carta Psicrometrica




Fuente: (ASHRAE, 1992)

6. ANTECEDENTES

6.1 Sistema de aire acondicionado solar desecante con intercambiador de calor recubierto con gel de sílice

Sistema de aire acondicionado con colectores solares e intercambiador de calor recubierto con gel de sílice ha estado sido probado en dos modos diferentes:

- **Refrigeración:** El rendimiento del sistema se analiza en función a la tasa de regeneración, la tasa de deshumidificación y coeficiente de rendimiento térmico (**COP_{th}**), para la refrigeración y el modo de deshumidificación, el aire de proceso se enfría por una temperatura media de 8,5 ° C. Una mejor tasa de deshumidificación se puede lograr mediante el uso de pre-enfriamiento antes del proceso de deshumidificación. Post-enfriamiento después del proceso de deshumidificación, se encuentra que es ventajoso para la capacidad y el COP_{th} de enfriamiento.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	22 de 68

- Calefacción:** Este sistema es utilizado generalmente en la temporada de invierno con el modo de humidificación, el aire de proceso es calentado por una temperatura media de 13,3 ° C con un incremento medio en relación de humedad de 1,9 g / kg. Se encuentra que la COPth promedio del sistema es de 0,45 y 0,87 para el modo de refrigeración y calefacción respectivamente. (Kumar, 2016)


6.2 Consumo energético de sistemas de climatización centralizado y con volumen de refrigerante variable con control BACnet.

El consumo eléctrico operacional de los sistemas de aire acondicionado con volumen de refrigerante variable (VRF) y centralizado basados en los sistemas de asistencia y monitoreo de los edificios, se analizan en base a los datos obtenidos del sistema de control y gestión de la energía. El ajuste y potencial de ahorro energético se comparan en base a la relación entre, la tasa de consumo de energía eléctrica del sistema de aire acondicionado, y la tasa de ocupación del edificio.

Gran parte del consumo eléctrico del sistema de aire acondicionado está determinado por la carga térmica debido a la ocupación, y las condiciones climáticas exteriores, así como la eficiencia de los equipos del sistema. Para optimizar la estrategia operacional del aire acondicionado hay que analizar las características de funcionamiento de los equipos y su ajuste a la información obtenida por el sistema de automatización de edificios y redes de control (BACnet). El sistema de aire acondicionado VRF tiene una mayor capacidad de ajuste a la carga suministrando únicamente lo necesario para cada espacio de manera independiente. La mejora de la eficiencia operativa de los equipos, se obtiene en el VRF al configurar la temperatura, y la optimización de la estrategia operacional para el sistema de aire acondicionado centralizado. (Chao Liu, 2015)

6.3 Gerenciamiento del plan de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado de precisión del edificio del COR de la refinería de Barrancabermeja con base en la metodología R.C.M

Los equipos de comunicación y control que aseguran la correcta operación remota en las 16 plantas de la refinería de Barrancabermeja ECOPEPETROL S.A. Por sus características constructivas estos componentes electrónicos producen altas temperaturas y son muy susceptibles a la humedad gases no inertes. Es por eso que el aire tratado debe suministrarse de manera continua e ininterrumpida, haciendo necesario implementar un plan de mantenimiento diferente al que se ejecuta en la actualidad que solo atiende fallas o ejecuta preventivos no eficaces, sino más bien uno que asegure la total disponibilidad y confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión. Es así como se propone la metodología RCM (Mantenimiento Basado en la Confiabilidad) como una opción viable para asegurar una correcta gestión de mantenimiento a cada uno de los equipos y

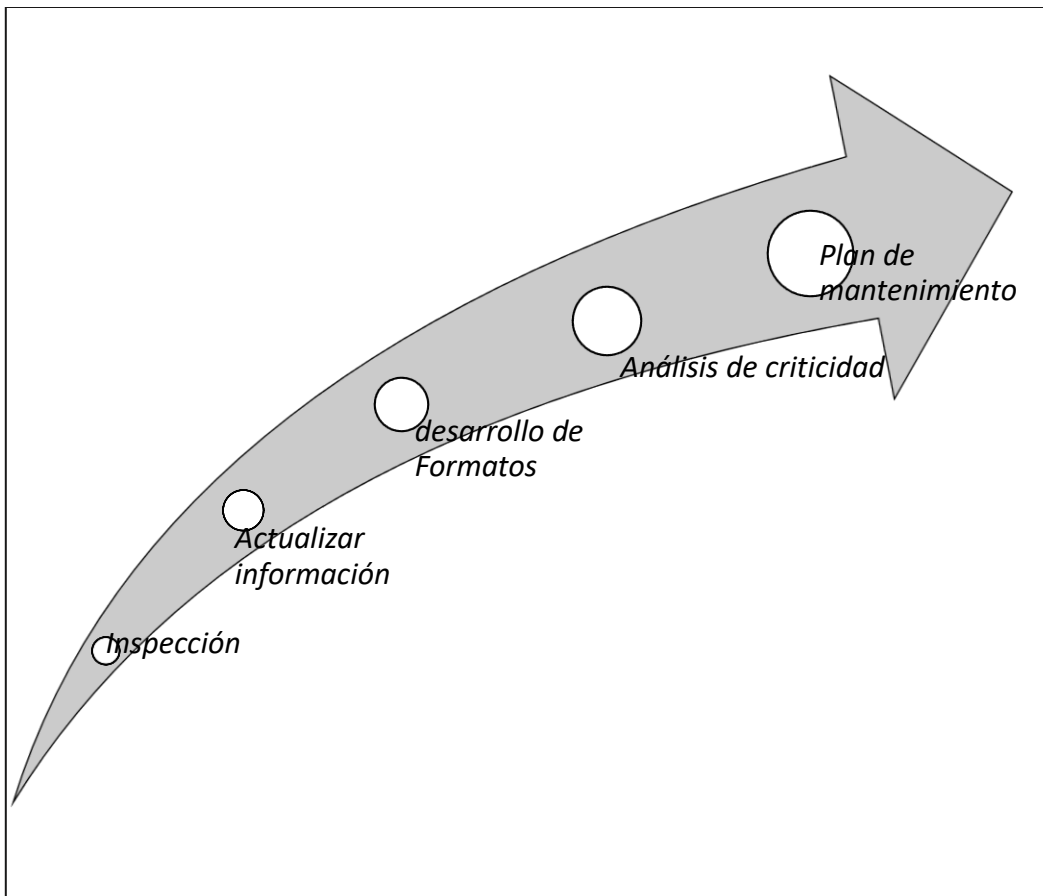
	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	23 de 68

componentes asociados a aire acondicionado de presión. Se desarrolló un plan de mantenimiento basado en el análisis de las fallas ocurridas en los componentes y la estructuración de las tareas y recursos necesarios para evitar que estas fallas ocurran , haciendo de los recursos necesarios para hacer intervenciones técnica y económicamente viables, que garanticen cero interrupción en el servicio. (Gomez, 2012).


7. METODOLOGIA PROPUESTA

Para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto, se desarrolló una metodología comprendida de la siguiente forma:

Figura 4. Metodología general para el desarrollo del proyecto.



(Mesa, 2012)

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	24 de 68

7.1 Inspección

La inspección consistió en el recorrido completo de las instalaciones del Hotel revisando el estado de los conductos aire acondicionado, de la unidad manejadora, del chiller, de las bombas de succión, de la torre de agua y por último de los FanCoil instalados en las habitaciones.

7.1.1 Instrumentos utilizados para realizar la medición:

7.1.1.1 Psicrómetro Analógico de giro.

Los psicrómetros de giro están formados por dos termómetros, normalmente de mercurio. Al girar el psicrómetro, el aire fluye sobre los bulbos húmedo y seco, son menos exactos por que la temperatura del elemento húmedo comienza a elevarse tan pronto como el movimiento cesa para leer los termómetros.


El termómetro de bulbo seco se usa para medir la temperatura ambiente y el termómetro de bulbo húmedo, cubierto por una mecha de algodón humedecida se utiliza para medir la diferencia de temperatura debido a la evaporación de agua, alrededor del bulbo húmedo.

Al aplicar convección forzada pierde calor el bulbo del termómetro de bulbo. Conociendo las temperaturas de ambos termómetros, la humedad relativa puede fácilmente determinarse mediante cartas psicrométricas o el cálculo con las tablas. (Medrano, 2007)

Figura 5. Psicrómetro Analógico de giro.



Fuente: Autor

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	25 de 68

7.1.1.2 Termo-Anemómetro

Los Anemómetros de alabes rotativos están basados en la medición de las revoluciones por minuto de la hélice, siendo este valor proporcional a la velocidad del fluido que circula por el conducto, este anemómetro calcula la velocidad del aire circundante a través de él instrumento y mediante una termocupla en el centro de la hélice halla la temperatura del fluido circundante. (españa, 2004)

Figura 6. Termo-Anemómetro



Fuente: Autor

7.1.1.3 Termómetro infrarrojo laser

Termómetro por infrarrojos con puntero láser de 1 haz, óptica 10:1, valores límite ajustables y función de alarma.


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	26 de 68

Figura 7. Termómetro infrarrojo laser



Autor: (FLUKE, 2014)

7.1.2 Recorrido realizado.

7.1.2.1 Chiller

La inspección comienza desde los elementos más críticos. El chiller (Unidad enfriadora) es la unidad prioritaria del sistema de aire acondicionado, ya que este se encarga de enfriar el agua, que luego será bombeada hacia las habitaciones que se quieren acondicionar, donde con unidades terminales (Fan-Coil) se logra intercambiar calor entre el aire circundante en la locativa, y el agua helada proveniente del Chiller. Este equipo se utiliza cuando se tienen grandes cargas térmicas variables, ya que al ser un equipo versátil es capaz de trabajar a cargas parciales, y por su importancia y complejo sistema de control se requiere de personal especialista para realizar la inspección de este equipo. (Gomez L. F., 2012).


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	27 de 68

Figura 8. Chiller Hotel Barlovento



Fuente: Autor

7.1.2.2 Bombas Armstrong

Las bombas instaladas en el hotel barlovento con cabeza de 45 ft, son Bombas verticales en línea (VIL), de una sola etapa, de succión simple o doble, con características que proporcionan cabezas de elevación limite antes de apagar.

Consulte la placa de la bomba para los caudales, las cabezas, la velocidad del motor, las dimensiones de la coraza, la eficiencia y los requisitos de alimentación y otras condiciones del sistema.

El sello mecánico es un elemento de servicio, crítico de la bomba. Todos los componentes del sello mecánico pueden ser retirados para su reparación, a través del espacio resultante entre la bomba y los ejes del motor, sin molestar a otros componentes de la bomba o la conexión del motor. La reinstalación del acoplamiento rígido aporta la unidad giratoria el montaje de nuevo a las especificaciones de alineación de fábrica (Armstrong, 2007).


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	28 de 68

Figura 9. Bombas Armstrong



Fuente: Autor

7.1.2.3 Torre de Enfriamiento

La torre de enfriamiento instalada es de 75 TR, al igual que cualquier intercambiador de calor, intercambia todo el calor que recibe de un fluido hacia otro fluido. En una torre de enfriamiento el intercambio de calor se transfiere de dos formas: calor sensible y calor latente. A medida que el calor es transferido desde el agua, la temperatura del aire aumenta (sensible) y el contenido de agua del aire, o la humedad, se incrementa también (latente). A medida que varía la carga térmica, la temperatura de bulbo húmedo del aire entrante, la torre de enfriamiento encontrara un nuevo equilibrio con el proceso. La torre de enfriamiento seguirá disipando todo el calor resultante del proceso, pero con diferente temperatura del agua. (Torre de enfriamiento, 2014)



Figura 10. Torre de enfriamiento



Fuente: Autor y (Brochure Reymrsa)


7.1.2.4 Unidad manejadora de aire

Esta Unidad fue concebida en el diseño como un equipo de tratamiento de aire, el cual consistiría en un equipo, de varias filas de serpentín nivelando las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo, para luego mediante una resistencia calentar el aire húmedo condensándolo modificando su psicrometría enviando un aire más seco hacia las habitaciones.

Figura 11. Unidad manejadora de aire (UMA)



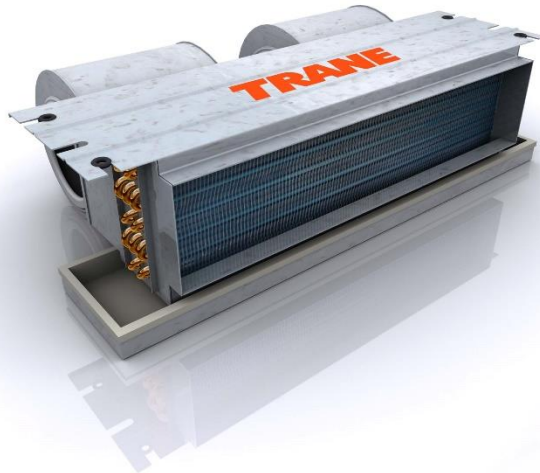
Fuente: Autor

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	30 de 68

7.1.2.5 Fan-Coil

Unidad final que toma el agua helada proveniente del chillar, y al hacerla circular por un serpentín realiza el intercambio transfiriendo calor de la habitación al agua.

Figura 12. Fan-Coil



Fuente: (TRANE, 2014)


7.1.3 Informe visita al hotel Barlovento

Inspección de estado y medición de temperatura y humedad en las zonas afectadas. Los instrumentos que se utilizaron para realizar dicha medición fueron los siguientes:

Anemómetro, Psicrómetro, Termómetro de mercurio, Pistola infrarroja.

Luego de realizar las mediciones de temperatura y humedad en las siguientes habitaciones:

- Tercer piso: 305, 309, 312, 313
- Cuarto piso: 402, 409, 410, 412, 413

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	31 de 68

- Quinto piso: 508, 509, 512, 513

Las cuales fueron indicadas por el hotel como críticas, se obtuvo la siguiente información:

Tabla 1. Cuadro comparativo

HOTEL BARLOVENTO	HR% HAB	HR% PASILLO	Qo (cfm) FANCOIL	To °F FANCOIL	Qi (cfm) FANCOIL	Ti °F FANCOIL	APAGAR FANCOIL	Qo (cfm) DUCTO	Td °F	AREA REJILLA IN (ft2)	AREA REJILLA OUT (ft2)
305	78%	72%	385	61	247	72		44	70	3,1	0,8
309	80%		451	62	395	76		15	73	3,2	1,0
312	79%		345	68	167	71		9	75	3,2	1,0
313	76%		388	57	133	70		52	68	3,1	1,1
402	81%	78%	410	68	253	77		0	76	3,2	1,0
409	77%		418	68	253	72		2	70	3,2	1,0
410	85%		362	64	253	73		0	72	3,2	1,0
412	68%		256	57	48	72		14	68	3,2	0,8
413	76%		335	66	258	74		0	75	3,2	0,8
506	80%	70%	415	63	258	72		61	68	3,2	0,8
508	69%		354	54	158	71		21	69	3,2	1,1
509	81%		488	66	269	73		43	70	3,2	1,1
512	79%		330	70	799	75		26	73	3,2	1,0
513	90%		390	58	168	70		23	66	3,2	0,8

Fuente: Autor


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	32 de 68

Tabla 2. Cuadro comparativo Fan & Coil

HOTEL BARLOVENTO	Qo (cfm) FANCOIL DISEÑO	Qo (cfm) FANCOIL ENCONTRADO
305	258	385
309	809	451
312	333	345
313	217	388
402	374	410
409	809	418
410	809	362
412	333	256
413	217	335
506	258	415
508	755	354
509	809	488
512	333	330
513	217	390

Fuente: Autor

%HR Porcentaje de humedad relativa.

UMA Unidad manejadora de aire.

Qo Caudal de aire suministrado.

Qi Caudal de aire que retorna.


To Temperatura salida.

Ti Temperatura entrada.

Td Temperatura salida del ducto de aire primario a la habitación.

Después de haber analizado la información recopilada se encontró un alto %HR en el aire suministrado a las habitaciones. La UMA tiene una toma de aire 100% exterior, el cual es enfriado y distribuido en las habitaciones.

También se encontraron problemas que reducen la eficiencia del sistema afectando las condiciones de confort tales como:

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	33 de 68

7.1.3.1 En el piso 4 se observó que el ramal que introduce el aire desde el ducto principal presenta una fuga.

Figura 13. Fuga en el ducto que suministra el aire al 4 piso.



Fuente: Autor

7.1.3.2 Se presentan corrientes de aire frio dentro del cielo raso, indicando la existencia de fugas en la ductería o el intercambio de aire entre las habitaciones.

Figura 14. Velocidad y temperatura de la corriente de aire detectada en el cielo raso del 4to piso.



Fuente: Autor

7.1.3.3 En la habitación 413 se encontró que la ductería encargada de suministrar el aire de la UMA, a la habitación no cumple con las especificaciones de diseño, siendo este de menor calibre.


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	34 de 68

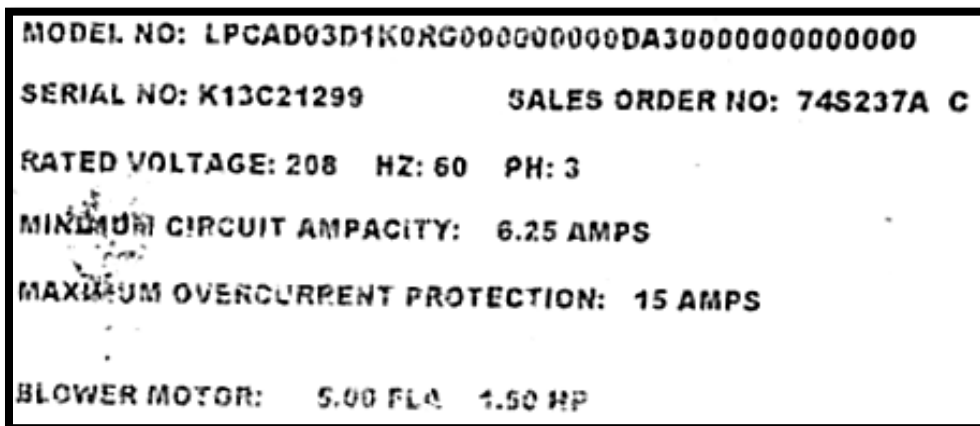
Figura 15. Mala selección de conductos y divergencia entre los planos de diseño




Fuente: Autor

7.1.3.4 La UMA con modelo: LPCAD03D1K0RG000000000DA3000000000000 instalada no cumple con las condiciones de diseño.

Figura 16. Mala selección del ductería y divergencia entre los planos de diseño



Fuente: Autor

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	35 de 68

7.1.3.5 Se hallaron infiltraciones de aire entre las habitaciones y el cielo raso.

Figura 17. Las habitaciones no tienen la suficiente estanqueidad como para evitar la filtración de aire hacia el cielo raso del pasillo.



Fuente: Autor

7.1.3.6 Hay humedad en el cielo por condensación y goteo ,de la tubería de agua recubierta con poliuretano y chaqueta de aluminio lo que indica presencia de fugas o deterioro del poliuretano


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	36 de 68

Figura 18. Humedad en el cielo por condensación y goteo.



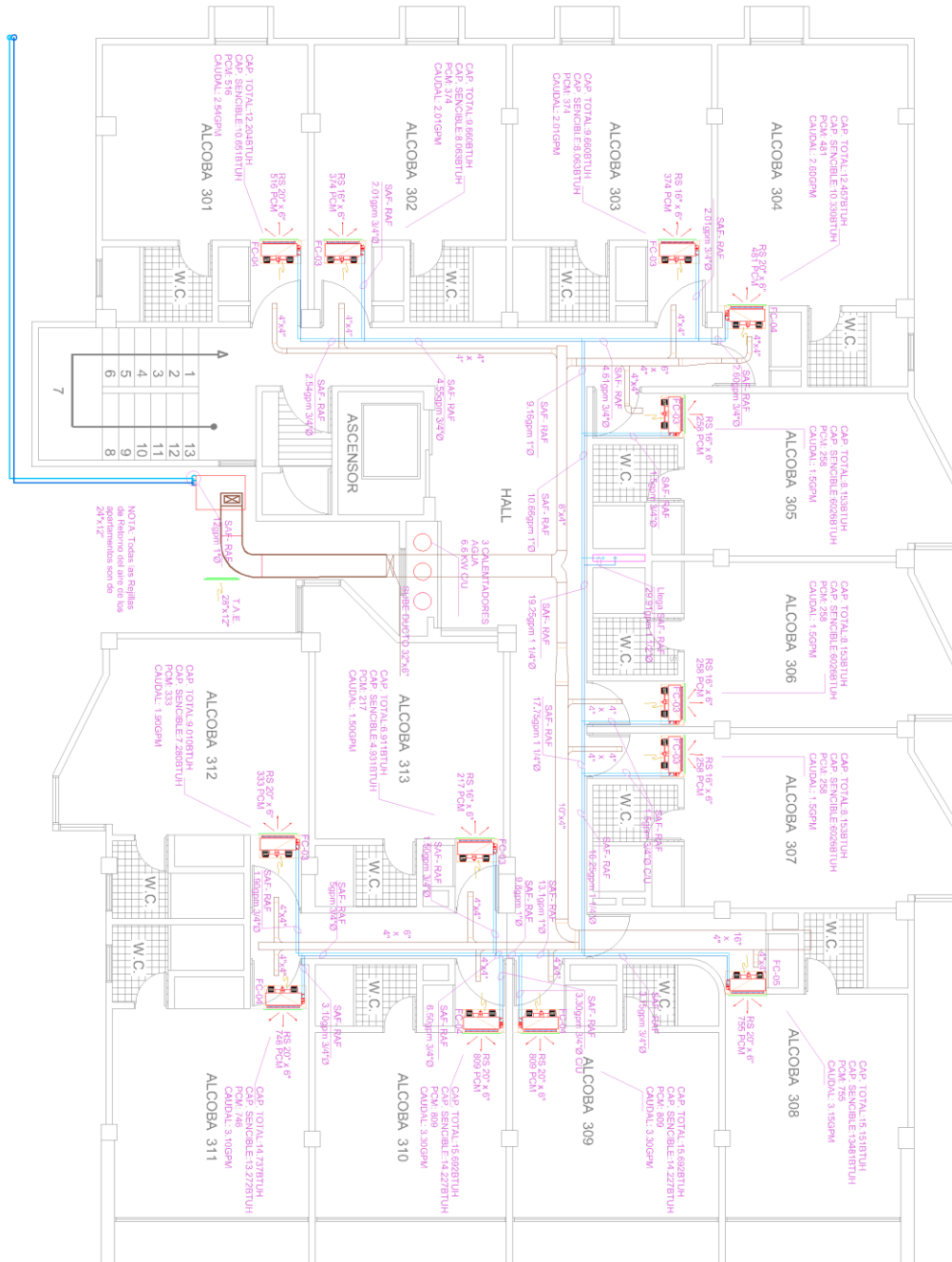
Fuente: Autor

7.2 Planos Record de montaje del sistema de aire acondicionado

Se realizó una revisión de las especificaciones de montaje del sistema de aire acondicionado, y según las capacidades de los equipos instalados se calculó el caudal de agua que debía llegar al equipo y la cantidad mínima de aire que debe inyectar , teniendo en cuenta datos como: dimensiones de la habitación, y carga térmica.



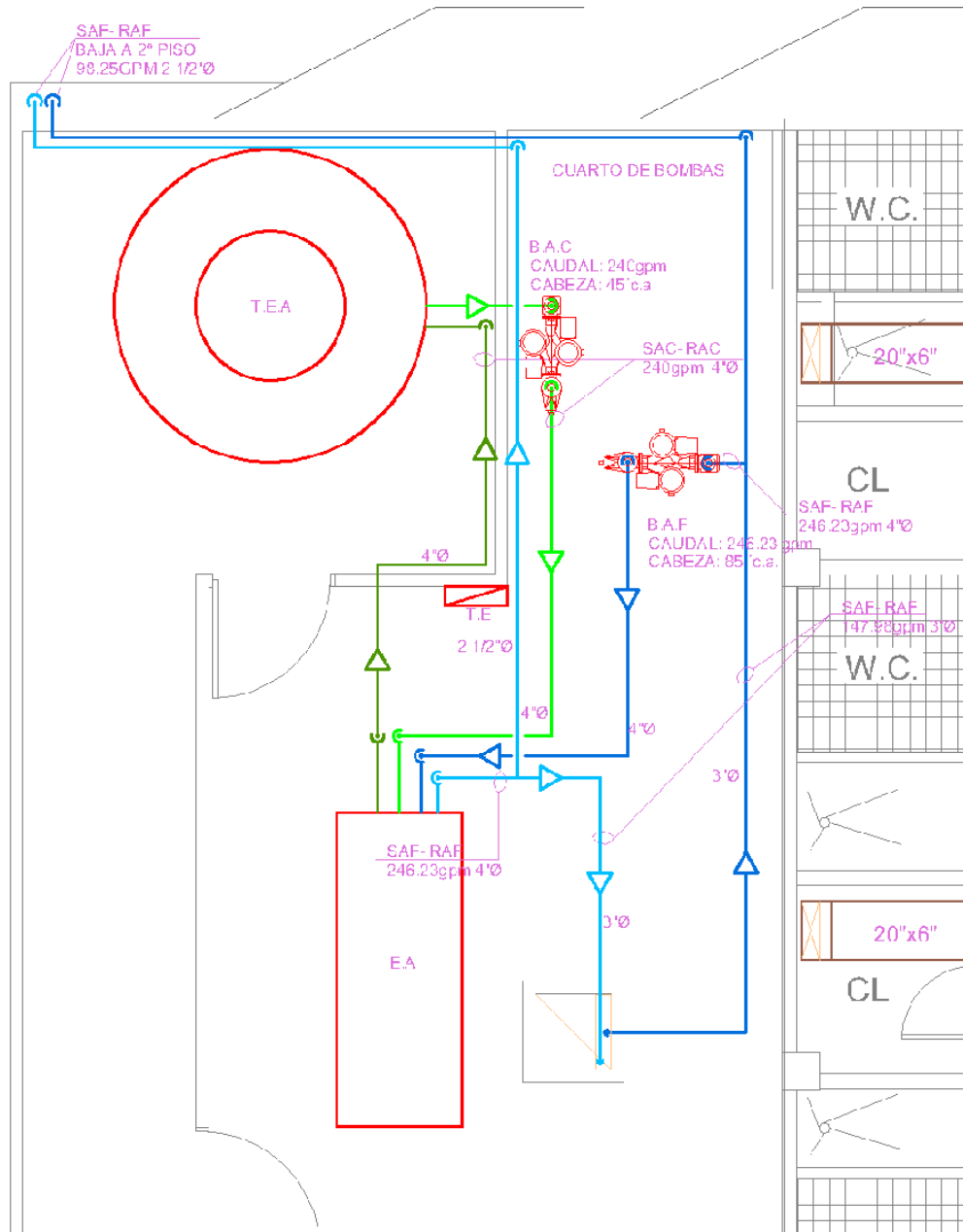
Figura 18. Plano modelo del 3er, 4to, 5to piso.




Fuente: Autor



Figura 19. Plano piso técnico de unidades primarias.



Fuente: Autor

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	39 de 68

7.3 Listas de chequeo para recolección de información

Tabla 3. Check list Fancoils.

HOTEL BARLOVENTO – BOCAGRANDE CARTAGENA				 COMERCIAL Y SERVICIOS LARCO BOLIVAR S.A.S						
TIPO DE EQUIPO: AGUA FRIA										
UBICACIÓN:				MANTENIMIENTO CORRESPONDIENTE AL MES:						
NOTA:				PREVENTIVO <input type="checkbox"/>		CORRECTIVO <input type="checkbox"/>				
UNIDAD FAN-COILS										
MARCA:						PLACA:				
MODELO:						SERIE:				
ITENS:						SI	NO	N.A	°C	N.C
1	Temperatura de la zona									
2	Temperatura entrada									
3	Temperatura salida									
4	Temperatura entrada agua fría									
5	Temperatura salida de agua fría									
6	Limpieza del ventilador									
7	Limpieza del serpentín									
8	Lavado de filtros									
9	Chequeo de rodamientos									
10	Amp. Motor	L1:	L2:	L3:						
	Volt. Motor	AB	AC:	BC						
ELEMENTOS ELECTRICOS										
11	Revisión del cableado									
12	Revisión ajuste de bornera									
13	Revisión protección térmicas									
14	Limpieza general									
15	Se verifica operación general									
OBSERVACIONES:										
NOMBRE DEL TECNICO:					FECHA DE ENTRADA:			FECHA DE SALIDA:		
FIRMA DEL CLIENTE:					HORA DE ENTRADA: VALOR:			HORA DE SALIDA:		

Fuente: Autor



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	40 de 68

Tabla 5. Check list Bombas de succión.

HOTEL BARLOVENTO – BOCAGRANDE CARTAGENA		 COMERCIAL Y SERVICIOS LARCO BOLIVAR S.A.S						
TIPO DE EQUIPO: BOMBA DE AGUA FRIA								
UBICACIÓN:			CIUDAD:					
MAQUINA:			SERIE:					
NOTA:			PREVENTIVO <input type="checkbox"/>		CORRECTIVO <input type="checkbox"/>			
MARCA:				PLACA:				
MODELO:								
RELACION EQUIPO:								
ACTIVIDADES A REALIZAR								
ITENS		SI	NO	N.A	°C	N.C		
1	Verificación del estado del acople de bomba							
2	Lubricación de las balineras del motor y de la bomba							
3	Revisión de las bases anti vibraciones							
4	Verificación del nivel de vibración							
5	Revisión del sello mecánico							
6	Revisión de la alineación de la bomba							
ELEMENTOS ELECTRICOS								
7	Amp motor	L1:	L2:	L3:				
	Volt motor	AB:	AC:	BC:				
				SI	NO	NA	C	N.C
8	Revisión de cableado eléctrico							
9	Ajuste de las borneras							
10	Verificación de los parámetros de operación							
11	Verificación de estado del controlador							
12	Limpieza general							
13	Revisión protecciones térmicas							
14	Se verifica operación general							
OBSERVACIONES:								
NOMBRE DEL TECNICO:				FECHA DE ENTRADA		FECHA DE SALIDA		
FIRMA DEL CLIENTE:				HORA DE ENTRADA:		HORA DE SALIDA:		

Fuente: Autor




	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	41 de 68

Tabla 6. Check list Chiller.

HOTEL BARLOVENTO – BOCAGRANDE CARTAGENA			
		COMERCIAL DE SERVICIOS LARCO BOLIVAR	
TIPO DE EQUIPO: CHILLER		UBICACIÓN: PARQUEADERO	FECHA INICIO:
MANTENIMIENTO SEMANAL		PREVENTIVO <input type="checkbox"/>	CORRECTIVO <input type="checkbox"/>
MODELO:		SERIE:	
MARCA:		CIUDAD: CARTAGENA	
FECHA SEMANA 1: ENERO		SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
1	Limpieza general de tableros.		
2	Inspección del aislamiento térmico.		
3	Limpieza exterior general de tuberías		
4	Limpieza general del equipo		
5	Verificación del nivel de aceite.		
6	Revisión de sistema de control		
FECHA SEMANA 2: ENERO			
1	Limpieza general de tableros.		
2	Inspección del aislamiento térmico.		
3	Limpieza exterior general de tuberías		
4	Limpieza general del equipo		
5	Verificación del nivel de aceite.		
6	Revisión de sistema de control		
FECHA SEMANA 3: ENERO			
1	Limpieza general de tableros.		
2	Inspección del aislamiento térmico.		
3	Limpieza exterior general de tuberías		
4	Limpieza general del equipo		
5	Verificación del nivel de aceite.		
6	Revisión de sistema de control		
FECHA SEMANA 4: ENERO			


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	42 de 68

1	Limpieza general de tableros.		
2	Inspección del aislamiento térmico.		
3	Limpieza exterior general de tuberías		
4	Limpieza general del equipo		
5	Verificación del nivel de aceite.		
6	Revisión de sistema de control		
OBSERVACIONES:			
NOMBRE DEL TECNICO:			
FIRMA DEL CLIENTE:			

Fuente: Autor

Tabla 7. Check list Torre de enfriamiento por agua.

HOTEL BARLOVENTO – BOCAGRANDE CARTAGENA		 COMERCIAL DE SERVICIOS LARCO BOLIVAR				
TIPO DE EQUIPO: TORRES DE ENFRIAMIENTO		UBICACIÓN:				
MANTENIMIENTO MENSUAL		FECHA INICIO:				
MODELO:		PREVENTIVO <input type="checkbox"/> CORRECTIVO <input type="checkbox"/>				
MARCA:		SERIE:				
FECHA :		TORRE DE ENFRIAMIENTO N° 6				
		CIUDAD: CARTAGENA				
		S I	N O	ITEM 1	ITEM 2	ITEM 3
1	Inspección visual y verificación de la operación del equipo					
2	Limpieza de Tanque y drenajes					
3	Limpieza de eliminadores de rocío					
4	Revisión de motores de ventiladores. Lectura de voltaje. AB, BC, CA					
5	Motores de ventiladores. Lectura de amperaje. L1, L2, L3					
6	Revisión bombas de agua de condensación. Lectura de voltaje. AB, BC, CA					
7	Bombas de agua de condensación. Lectura de Amperaje. L1, L2, L3					

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	43 de 68

8	Lectura de presiones de entrada y salida de agua					
9	Revisión de fugas de agua					
10	Revisión de rociadores					
11	Inspección ventilador, ajuste de tornillos.					
13	Revisión de la red de agua					
15	Inspeccionar de aspas de ventiladores.					
16	Verificar funcionamiento de boquillas y distribución de agua en los rociadores.					
17	Inspección de rodamientos y bujes de ventiladores y bombas					
18	Revisión válvula flotador del tanque de reposición					
19	Inspección tablero eléctrico, ajuste de conexión, chequeo y limpieza de Contactores, revisión luces piloto y fusibles					
20	Revisión, limpieza y calibración de sistema de control y protección eléctrica.					
21	Aplicación de anticorrosivo en focos de corrosión					
OBSERVACIONES:						
NOMBRE DEL TECNICO:						
FIRMA DEL CLIENTE:						

Fuente: Autor




	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	44 de 68

Tabla 8. Check list Unidad manejadora de aire.

HOTEL BARLOVENTO- BOCAGRANDE CARTEGENA					 COMERCIAL Y SERVICIOS LARCO BOLIVAR S.A.S				
TIPO DE EQUIPO: UNIDAD MANEJADORA									
CLIENTE:					MANTENIMIENTO CORRESPONDIENTE AL MES:				
UBICACIÓN:					PREVENTIVO <input type="checkbox"/>		CORRECTIVO <input type="checkbox"/>		
UNIDAD MANEJADORA									
MARCA:					PLACA:				
MODELO:					SERIE:				
ITENS:					SI	NO	N.A	°C	N.C
1	Temperatura de la zona								
2	Temperatura entrada								
3	Temperatura salida								
4	Limpieza del ventilador								
5	Limpieza del serpentín								
6	Lavado de filtros								
7	Chequeo de rodamientos								
8	Revisión de bandas								
9	Amp. Motor	L1:	L2:	L3:					
	Volt. Motor	AB	AC:	BC					
UNIDAD CONDENSADORA									
10	Limpieza del serpentín								
11	Limpieza del ventilador								
12	Chequeo de rodamientos								
CIRCUITO DE REFRIGERACION 1									
MARCA: TRANE					SERIAL: 13103V54YA				
MODELO: TTA120D300AA					PLACA				
13	Presión de succión								
14	Presión de descarga								
15	Función válvula solenoide								
16	Amp. Compr	L1	L2	L3					
	Volt. Compr.	AB	AC	BC					
CIRCUITO DE REFRIGERACION 2									
MARCA:					SERIAL:				
MODELO:					PLACA:				
17	Presión de succión								
18	Presión de descarga								
19	Función válvula solenoide								
20	Amp. Compr	L1	L2	L3					

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	45 de 68

	Volt. Compr.	AB	AC	BC
ELEMENTOS ELECTRICOS				
21	Revisión del cableado			
22	Revisión ajuste de bornera			
23	Revisión protección térmicas			
24	Limpieza general			
25	Se verifica operación general			
OBSERVACIONES:				
NOMBRE DEL TECNICO:			FECHA DE ENTRADA:	FECHA DE SALIDA:
FIRMA DEL CLIENTE:			HORA DE ENTRADA: VALOR:	HORA DE SALIDA:

Fuente: Autor.

7.4 Análisis de criticidad

Con el fin de hallar la criticidad, se realizan los siguientes cálculos:

$$Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia$$

$$Consecuencia = (IO \times FO) + CM + ISMA$$

IO = Impacto operacional

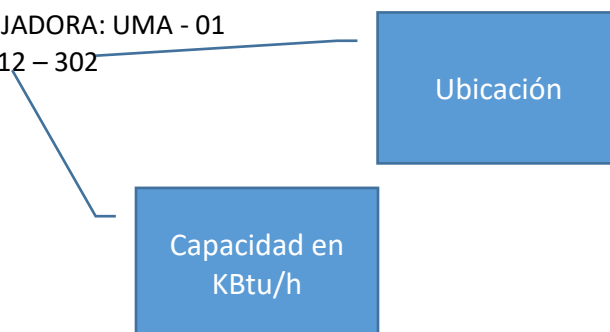
FO = Flexibilidad Operacional


CM = Costo de Mantenimiento

ISMA = Impacto de Seguridad y Medio Ambiente

Codificación de equipos

- CHILLER: EA - 01
- TORRE DE AGUA: TEA - 01
- BOMBAS: BAC, BAF
- UNIDAD MANEJADORA: UMA - 01
- FANCOIL: FC - 12 - 302



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	46 de 68

7.4.1.1 Frecuencia.

La frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado por año.

7.4.1.2 Consecuencia.

Está definida como la probabilidad de que una causa en particular ocurra, durante la vida esperada del producto, equipo o sistema.

7.4.1.3 Impacto operacional.

Se entiende como los efectos directos o indirectos en la operación de un sistema productivo, y es cuantificada de la siguiente forma:

- a) Parada Inmediata de toda la planta o línea de producción: Valor 5.
- b) Parada Inmediata de un sector de la línea de producción: Valor 4.
- c) Impacta los niveles de Producción o calidad: Valor 3.
- d) Implica en costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo: Valor 2.
- e) No genera ningún efecto importante en la operación, las operaciones o la calidad: Valor 1.

7.4.1.4 Flexibilidad operacional.

Definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la operación sin incurrir en costos o pérdidas, y es cuantificada de la siguiente forma:

- a) No existe opción de producción o respaldo: Valor 4.
- b) Existe opción de respaldo compartido: Valor 2.
- c) Existe opción de respaldo: Valor 1.

7.4.1.5 Costo de Mantenimiento.


Hace referencia a los costes que implican las labores de mantenimiento, sin tener en cuenta los costos inherentes a los costos de operación sufridos por la falla.

- a) De 0 a 2.000.000 de pesos: Valor 1.
- b) De 2.000.000 a 10.000.000 de pesos: Valor 2.

7.4.1.6 Impacto de seguridad y medio ambiente.

Es un indicador enfocado a evaluar los posibles inconvenientes que puede causar sobre la salud de las personas o el impacto en el medio ambiente.

- a) Afecta la seguridad humana interna o externa a la planta: Valor de 5.
- b) Afecta el medio ambiente produciendo daños severos: Valor de 4.
- c) Afecta las instalaciones causando daños severos: Valor de 3.


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	47 de 68

- d) Provoca accidentes menores al personal interno: Valor de 2.
e) Provoca un efecto ambiental pero no infringe las normas: Valor de 1.
No provoca ningún daño a las personas o el medio ambiente: Valor de 0.

Tabla 10. Tabla de criticidad.

	FREC.	CONSEC.	IO	FO	CM	ISMA	CRITICIDAD
EA - 01	15	21	4	4	2	3	315
UMA - 01	8	15	3	4	1	2	120
FC - 12-310	12	6	2	2	1	1	72
FC - 12-311	10	6	2	2	1	1	60
TEA - 01	6	10	2	4	1	1	60
FC - 12-301	9	6	2	2	1	1	54
FC - 18-308	9	6	2	2	1	1	54
FC - 12-309	7	6	2	2	1	1	42
FC - 09-302	6	6	2	2	1	1	36
FC - 09-306	6	6	2	2	1	1	36
BAF	6	6	2	2	1	1	24
FC - 09-303	5	6	2	2	1	1	30
FC - 09-307	5	6	2	2	1	1	30
BAC	5	6	3	1	1	2	30
FC - 12-304	4	6	2	2	1	1	24
FC - 09-305	3	6	2	2	1	1	18

Fuente: Autor


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	48 de 68

8. RESUMEN DE ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA

Las actividades que se llevaran a cabo a lo largo del proyecto, para cumplir con cada uno de los objetivos son las siguientes:

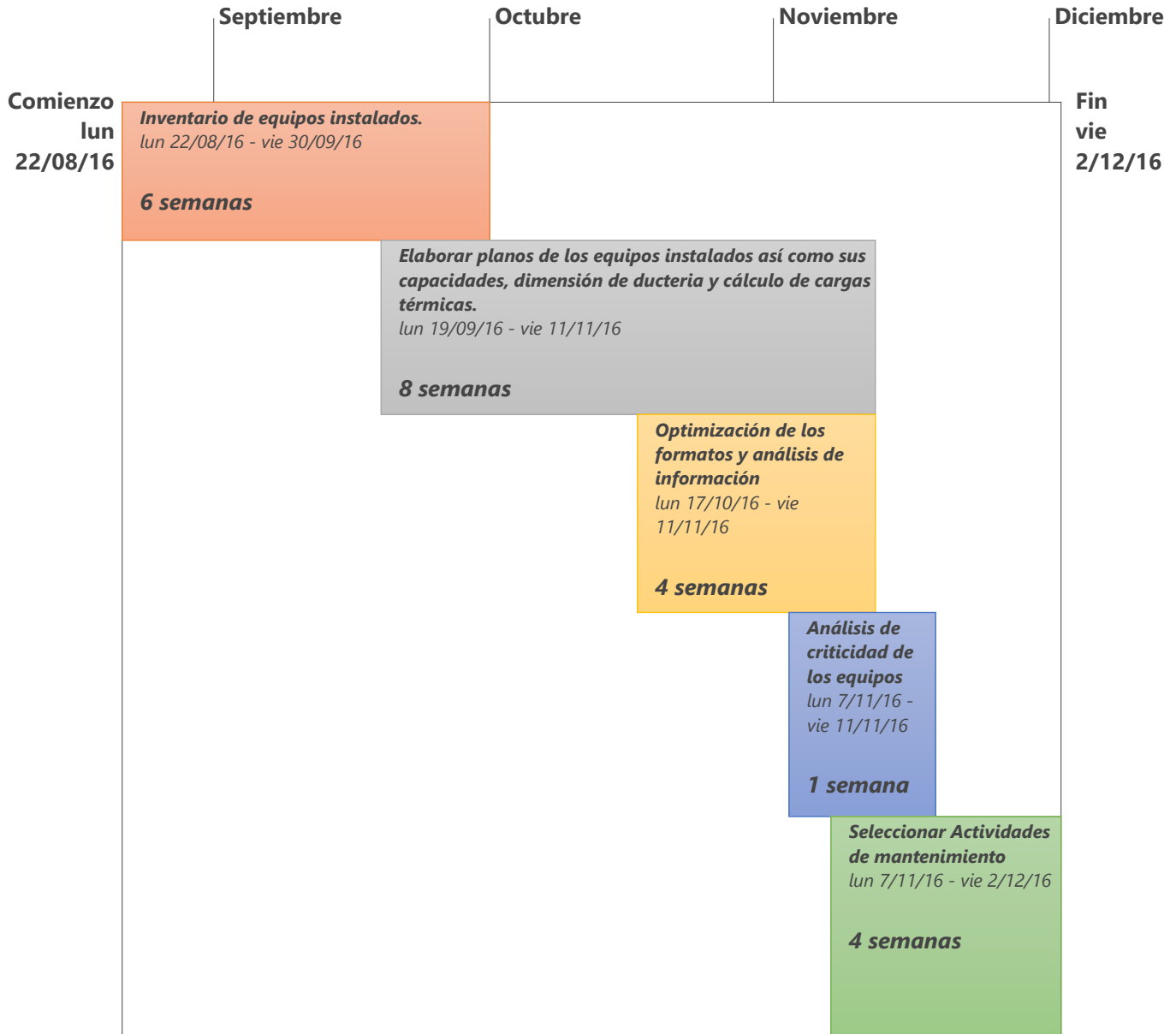
8.1 *Resumen actividades*

- 1. Realizar el inventario de equipos instalados para el sistema de aire acondicionado.**
- 2. Actualizar los planos de los equipos instalados así como sus capacidades, dimensión de ducteria y cargas térmicas.**
- 3. Optimizar los formatos de mantenimiento para recopilar información y llevar el seguimiento de los equipos.**
- 4. Realizar análisis de criticidad de los equipos del sistema de aire acondicionado.**
- 5. Seleccionar Actividades de mantenimiento ajustadas a las necesidades de los equipos críticos.**


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	49 de 68

8.2 Cronograma de actividades

Tabla 10. Diagrama de Gantt cronograma y descripción de actividades.



Fuente: Autor

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	50 de 68

9. RECURSOS NECESARIOS

9.1 Recursos humanos

El tiempo para la revisión completa está comprendida en un mes y las labres serán efectuadas en horario diurno de 8:00 a.m. a 10:00 a.m. y de 2:00 p.m. a 4:00 p.m. de lunes a viernes y de 8:00 a.m. a 10:00 a.m. los sábados. Los trabajos serán planificados por el ingeniero encargado y ejecutadas por una pareja de técnicos. La inspección será revisada por el supervisor de mantenimiento una vez terminada.


9.2 Recursos financieros

El costo del plan de mantenimiento se calculara por el número de horas trabajadas y las herramientas utilizadas. El costo de mano de obra se calcula de la siguiente forma:

Tabla 11. Análisis de precio unitario.

CLIENTE	Hotel Barlovento	
SALARIO DE TECNICO	\$	885.000
SALARIO DE AUXILIAR	\$	752.000
SALARIO DE SUPERVISOR	\$	2.300.000
SALARIO INGENIERO	\$	1.500.000
DIAS MES		30
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD HR	VALOR MENSUAL
TECNICO	100	\$ 368.750
AUXILIAR	0	\$ 0
SUPERVISOR	20	\$ 191.667
		=====
TOTAL MANO DE OBRA		\$ 560.417
PRESTACIONES (70%)		\$ 392.292
HORAS EXTRAS		\$ -
PAPELERIA		\$ 50.000
KIT DE HERRAMIENTA		\$ 200.000
HERRAMIENTA ESPECIAL (ESCALERAS, ANDAMIOS)		\$ 50.000
CELULARES		\$ 95.000
GASTOS DE TRANSPORTE		\$ 100.000
LISTAS DE CHECKEO		\$ 10.000
C. I. MENSUAL		\$ 505.000
		=====
TOTAL COSTOS		\$ 1.457.709

Fuente: Autor.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	51 de 68

10. RESULTADOS


plan de mantenimiento diseñado para cumplir con las necesidades y características del Hotel Barlovento, mejorando la eficiencia y efectividad de los sistemas de Aire acondicionado allí instalados, brindando de manera continua condiciones de confort a sus clientes sin interrupciones imprevistas. Comercial y Servicios Larco S.A. será la empresa contratada para ejecutar estas labores de mantenimiento.

10.1 *Mantenimiento preventivo del sistema de aire acondicionado del hotel barlovento de la ciudad de cartagena.introducción.*

•
CSL BOLÍVAR agradece su amable invitación a cotizar nuestros servicios, detallados en la presente propuesta **CSLB – 961601131 – 6**, correspondiente al mantenimiento preventivo **MENSUAL** de los equipos de aire acondicionado del **HOTEL BARLOVENTO** ubicado en la ciudad de Cartagena.

La oferta comprende el mantenimiento preventivo de la planta de frio Chiller, Torre de enfriamiento, bomba de condensación y bomba de agua helada. Se excluyen cualquier atención tanto a las habitaciones como a las zonas comunes del Hotel.

Se contempla el mantenimiento rutinario de los equipos como se describe en detalle más adelante (limpieza, lavado de filtros, lavado básico de torre, etc.). En principio se realizará una revisión general del estado de los equipos y sistemas de aire acondicionado del Hotel con base en el cual se elaborará un documento de diagnóstico de cada sistema, con sus observaciones y recomendaciones, que se pondrá a disposición de Hotel Barlovento. Se entiende que CSL BOLÍVAR S.A.S no asume responsabilidad por las discrepancias operacionales que se generen por imperfectos o daños causados por la instalación del sistema, por inconvenientes operacionales que se causen por el diseño del sistema ni por los causados por la falta de mantenimiento de los equipos. No obstante CSL BOLÍVAR S.A.S informará a Hotel Barlovento cualquier discrepancia que encuentre y que cause inconvenientes a la operación del sistema.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	52 de 68

10.2 Descripción del sistema

El listado de equipos de aire acondicionado suministrado por el cliente es el siguiente:

- Chiller TRANE modelo RTWD080 - 80 TR
- Bomba de agua helada ARMSTRONG duplex
- Bomba de condensación ARMSTRONG duplex
- Torre de enfriamiento REYMSA


ESQUEMA DE MANTENIMIENTO

- Mensualmente se hará mantenimiento preventivo a las unidades manejadoras en horario de 8:00am a 6:00pm durante 1 semana.
- Bimestralmente se hará mantenimiento preventivo al chiller, torre de enfriamiento y bombas de torres en horario de 8:00am a 6:00pm durante 2 semanas.
- 2 técnicos serán los encargados de realizar las labores de mantenimiento
- 1 supervisor hará visitas periódicas para revisar el estado de los equipos
- 1 ingeniero mecánico se encargará de coordinar todas las labores de mantenimiento.

CHILLER

MENSUAL

- ✓ Limpieza general de tableros.
- ✓ Revisión general de: contactores, regletas, para conexión, breakers, timers, control de voltaje, fusibles, voltímetro, amperímetro, transformador, y demás
- ✓ Ajuste de conexiones en los cableados de fuerza y control. Revisión de elementos del tablero eléctrico (contactores, regletas para conexión, timers, breaker, etc.) y demás. Inspeccionar empalmes. Limpieza de contactos.
- ✓ Medidas de voltaje y corriente. Comparación con placa y medidas anteriores. DIARIO
- ✓ Revisión del funcionamiento general del compresor, verificación de temperaturas de operación, ruidos, condensación.
- ✓ Inspección de estado del equipo a través de mirilla, filtro secador, válvula solenoide, escape de aceite y/o refrigerante.
- ✓ Inspección del aislamiento térmico.
- ✓ Limpieza exterior general de tuberías y en general del equipo. SEMANAL.
- ✓ Revisión general y Ajuste de ser necesario de tornillerías de anclajes y soportes del equipo y tuberías.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	53 de 68

- ✓ Verificación del nivel de aceite.
- ✓ Inspección y ajuste de ser necesario de set points.
- ✓ Revisión de sistema de control. SEMANAL
- ✓ Registrar mediciones de Temperatura de Agua de Condensación, a la entrada y la salida del condensador. DIARIO
- ✓ Registrar mediciones de Temperatura de Agua helada, a la entrada y la salida del evaporador. DIARIO
- ✓ Inspección y Verificación de ruidos/vibraciones en el equipo
- ✓ Medir diferencial de temperaturas y toma de parámetros
- ✓ Revisión de tanque de compensación

BIMESTRAL

- ✓ Limpieza mecánica del condensador, previa verificación del approach del equipo.
- ✓ Inspección de presión de aceite.
- ✓ Inspeccionar la operación de la válvula de expansión.
- ✓ Pruebas de disparo y alarma de todos los sistemas de protección.
- ✓ Verificación de caudal de agua en condensador y evaporador. Circuitos de condensación y agua helada

TRIMESTRAL

- ✓ Prueba de controles y protecciones del equipo.
- ✓ Limpieza química del condensador, previa verificación del approach del equipo.


OTRAS

- ✓ Limpieza química del evaporador, previa verificación del approach del equipo.
- ✓ Análisis químico de aceite.
- ✓ Realizar un informe detallado del mantenimiento a cada equipo, presentando recomendaciones y observaciones.

TORRES DE ENFRIAMIENTO

BIMESTRAL

- ✓ Inspección visual y verificación de la operación del equipo
- ✓ Limpieza general de estructuras del equipo. SEMANAL
- ✓ Limpieza de Tanque y drenajes.
- ✓ Limpieza de persianas. QUINCENAL
- ✓ Limpieza de eliminadores de rocío
- ✓ Toma de temperaturas de entrada y salida de agua de condensación. DIARIO
- ✓ Revisión de motores ventiladores y bombas de agua de condensación. Lectura de voltaje y corriente
- ✓ Lectura de presiones de entrada y salida de agua
- ✓ Revisión de fugas de agua

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	54 de 68

- ✓ Revisión de rociadores
- ✓ Inspección ventilador, ajuste de tornillos, tensión de correas y revisión de poleas
- ✓ Revisión de la red de agua
- ✓ Verificar operación del switch de flujo
- ✓ Inspeccionar de aspas de ventiladores.
- ✓ Verificar funcionamiento de boquillas y distribución de agua en los rociadores.
- ✓ Inspección de rodamientos y bujes de ventiladores y bombas
- ✓ Revisión válvula flotador del tanque de reposición
- ✓ Inspección tablero eléctrico, ajuste de conexión, chequeo y limpieza de contactores, revisión luces piloto y fusibles
- ✓ Revisión, limpieza y calibración de sistema de control y protección eléctrica.
- ✓ Limpieza cuarto de máquinas de la torre. SEMANAL
- ✓ Aplicación de anticorrosivo en focos de corrosión

CUATRIMESTRAL

- ✓ Verificación funcionamiento de correas
- ✓ Limpieza de rellenos.
- ✓ Revisión y calibración si es necesario de sensores de temperatura
- ✓ Revisar y ajustar terminales

SEMESTRAL

- ✓ Limpieza de componentes en movimiento.
- ✓ Prueba de protecciones térmicas de motores
- ✓

ANUAL

- ✓ Revisión de rodamientos de ventiladores
- ✓ Limpieza química a relleno.
- ✓ Verificación de protecciones térmicas a motores


OTROS

- ✓ Verificación de estado de rellenos y eliminadores de rocío

BOMBAS

BIMESTRAL

- ✓ Inspección visual y verificación de la operación del equipo
- ✓ Limpieza general del equipo. SEMANAL
- ✓ Toma de temperaturas de entrada y salida de agua de condensación y Agua Fría

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	55 de 68

- ✓ Revisión de motores de bombas de agua de condensación. Lectura de voltaje y corriente
- ✓ Lectura de presiones de entrada y salida de agua.
- ✓ Revisión de fugas de agua
- ✓ Revisión de la red de agua
- ✓ Verificar operación del switch de flujo lado condensación y circuito de agua helada
- ✓ Inspección tablero eléctrico, ajuste de conexión, chequeo y limpieza de contactores, revisión luces piloto y fusibles
- ✓ Revisión, limpieza y calibración de sistema de control y protección eléctrica.
- ✓ Limpieza bombas y motores
- ✓ Limpieza cuarto de bombas
- ✓ Aplicación de anticorrosivo en focos de corrosión
- ✓ Revisión de acoples y sellos mecánicos de bombas de agua

CUATRIMESTRAL

- ✓ Revisión y calibración si es necesario de sensores de temperatura
- ✓ Revisar y ajustar terminales

SEMESTRAL

- ✓ Prueba de protecciones térmicas de motores

ANUAL


- ✓ Revisión de rodamientos de bombas y motores
- ✓ Verificación de protecciones térmicas a motores

10.3 Programa del trabajo:

Para el servicio del mantenimiento preventivo, que recibirán los equipos, se dispondrá de los servicios de una pareja técnica (técnico y técnico auxiliar) cada mes durante 1 semana y cada dos meses durante 2 semanas, para realizar el mantenimiento de la forma citada líneas arriba.

NOTA IMPORTANTE: el encendido, apagado y operación de los equipos es a cargo del personal de mantenimiento del Hotel. **Es importante anotar además, que durante la operación del sistema, no se realicen trabajos correctivos a los equipos sin previo aviso, ya que el seguimiento que hace nuestro personal a los equipos no sería real.**

Los técnicos dispuestos tendrán la capacitación adecuada para efectuar éste tipo de labores; bajo la supervisión de un ingeniero con la debida experiencia y entrenamiento en este campo, con una disponibilidad de horario antes descrito, en el cual se realizará mantenimiento rutinario. Los

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	56 de 68

técnicos dispondrán de sistemas de comunicación entre ellos por radio y vía celular con los el supervisor y el ingeniero, para cuando sean requeridos.

Todos los trabajos a realizar, tanto preventivos como correctivos, serán programados y ejecutados durante el horario de lunes a domingo a partir de las 6:00 am coordinados con el Hotel, esto para no interferir con las actividades del Hotel. Nuestros técnicos tendrán medios de comunicación para ser localizados a la menor brevedad.

Los insumos para realizar las labores de mantenimiento preventivo tales como, estopas, detergente, grasa, trapos, etc., están contemplados dentro de la actual propuesta.

Los repuestos y materiales necesarios para el desarrollo de las actividades de mantenimiento correctivo, tales como: acoples, chumaceras, rodamientos, ejes, contactores, interruptores de potencia y control, fusibles, motores, bandas, pintura anticorrosiva y de acabado, etc. Deberán ser suministrados por HOTEL BARLOVENTO o por CSL. BOLÍVAR S.A.S. previa orden de servicio.

Los trabajos de mantenimiento correctivo serán informados y previamente cotizados para ser aprobados por HOTEL BARLOVENTO, y serán dirigidos por un supervisor nuestro especializado en este campo.

Se rendirán informes sobre los trabajos de mantenimiento correctivos realizados. Se proyectarán los trabajos de mantenimiento programado según el período, y se informará sobre la consecución de repuestos locales o de importación que se requieran.

10.4 *Personal disponible*


Personal profesional especializado

Contamos con la disponibilidad, para atender el contrato, de un Ingeniero debidamente especializado en el área para el objeto del trabajo, y según el programa de trabajo que se enunció. Adicionalmente, se tendrán los servicios un Técnico Especializado para realizar la supervisión de campo con amplia y suficiente experiencia para atender, debidamente, las operaciones de mantenimiento que impliquen riesgos mayores en las unidades.

Técnicos y personal de apoyo

Con las mismas observaciones anteriores ofrecemos los servicios de técnicos, con la debida experiencia en los trabajos a realizar. Perfil técnico con más de 3 años de experiencia en mantenimiento mecánico, conocimientos básicos de electrotecnia, entrenamiento en mantenimiento rutinario de equipos de aire acondicionado, capacidad para solucionar problemas técnicos, etc.

Mantenimiento y reposición de herramienta

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	57 de 68

Comercial y Servicios Larco Bolívar S.A.S., ha reunido durante el tiempo de servicios de mantenimiento los posibles tiempos útiles de las herramientas de mano, como también los tiempos de reposición de los elementos de protección personal.

La herramienta de mano se estima que posee una vida útil superior a la duración del contrato; con los adecuados manejos que se den de estas. Los instrumentos de medición análogos y digitales que sean utilizados serán calibrados y evaluados cada seis meses. Se requiere de un área específica para almacenamiento de herramientas, y accesorios necesarios para las labores de mantenimiento.

10.3 experiencia en contratos similares

CSL Bolívar ha instalado y atiende labores de mantenimiento preventivo a equipos TRANE y otras marcas en Bancolombia, Almacenes Éxito, Carulla, Banco Popular, Mall Plaza, Syngenta, Arclad, Gyplac, Remaplast entre otros en Cartagena.

10.5 *Trabajos no contemplados en esta oferta*


Los mantenimientos correctivos, tales como cambio de partes, suministro de repuestos, cambio de equipos, reparaciones de latonería, traslados de equipos, tendido de acometidas eléctricas de fuerza y/o control de los equipos, no están incluidas en la presente propuesta. De igual forma los costos que se ocasionen por las emergencias que llegaren a surgir serán facturados como adicionales.

Tampoco se incluyen las actividades de medición y análisis, tales como mediciones de caudal de agua, análisis de vibraciones (previo o posterior a reparaciones), entre otras, que no estén especificadas dentro de las rutinas de mantenimiento preventivo antes descritas.

10.6 *Exclusiones y garantías*

Los trabajos de mantenimiento preventivo se garantizan por los siguientes treinta (30) días después de realizado el servicio. En cuanto a los mantenimientos correctivos por reparaciones de cambios de repuestos o partes, tendrán una garantía de noventa (90) días. Los elementos eléctricos no tienen garantía después de entregados a satisfacción y los repuestos en general tendrán la garantía que el fabricante indique, con la atención a las recomendaciones y/o exclusiones que estos señalen, tales como desgastes, mala operación, variaciones de voltaje, etc.

Las garantías serán válidas siempre y cuando la manipulación de los equipos sea realizada únicamente por CSL Bolívar SAS o por personal previamente autorizado por CSL Bolívar SAS.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	58 de 68

10.7 Propuesta económica

Tabla 12. Cotización plan de Mtto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	UNID	V. UNIT	V. TOTAL
1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL				
	Sistema de acondicionado Hotel Barlovento	1	GLB	\$ 1.457.709	\$ 1.457.709
					=====
	SUBTOTAL OFERTA CSLB - 961601131 - 6				\$ 1.457.709
	IMPUESTO IVA (16%)				\$ 233.234
					=====
	VALOR TOTAL OFERTA CSLB - 961601131 - 6				\$ 1.690.943

Fuente: Autor

NOTAS:


Estos precios serán vigentes durante el año 2016.

Los precios de esta cotización son válidos únicamente para la cantidad de equipos y zonas especificadas en la presente propuesta económica.

11. ADICIONALES ESPECIALES

Para efectos de garantizar un excelente servicio se constara con los siguientes valores agregados:

- Al ser representantes de TRANE en Colombia desde el año 1954, contamos con el aval y el respaldo, por ende, ofrecemos y extendemos nuestro servicio de repuestos y garantía de los mismos.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	59 de 68


- b) CSL es una compañía con más de 30 años prestando el servicio de mantenimiento y operación en sistemas de aire acondicionado. Además, somos contratistas dedicados al diseño, suministro e instalación de este tipo de sistemas.
- c) CSL cuenta con un grupo de ingenieros, supervisores y técnicos dedicados especialmente a atender la operación y el servicio de los sistemas de aire acondicionado
- d) Las respuestas por llamados de emergencia serán atendidos en lo posible en menos de 2 horas, en los siguientes horarios: lunes a viernes de 8:00am a 5:00pm y sábados de 8:00am a 1:00pm.
- e) Las emergencias fuera de este horario serán atendidas por una pareja de técnicos que tenemos disponible cada mes, y serán facturadas a HOTEL BARLOVENTO.
- f) Se dispondrá de una línea celular siempre activa para mantener contacto con el cliente.

FORMA DE PAGO

100% del saldo una vez finalizada la rutina.


GARANTÍAS

La mano de obra tiene garantía durante toda la vigencia del contrato. Los repuestos y materiales nuevos tienen garantía de 1 año después de recibidos por el CLIENTE.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	60 de 68

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranda Usón, A., Zabalza Bribián, I., Diaz de Garaio, S., & Llera Sastresa, E. (2010). *Eficiencia Energética de instalaciones y equipamiento de edificios*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Armstrong. (2007). Serie 4300. *Armstrong*.
- ASHRAE. (1992). *ASHRAE Shaping Tomorrow's Built Environment Today*. Obtenido de <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/psychrometrics>
- Blanco, J. A. (2010). *Corrosión en Metales*. Universidad Veracruzana Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- Chao Liu, T. Z. (2015). *Operational electricity consumption analyze of VRF air conditioning system and centralized air conditioning system based on building energy monitoring and management system*. University of Technology, Center of Buildings Energy Efficiency & Construction Science and Technology, Development of LHCRCD. Dalian, Shenyang: ELSEVIER.
- Cofrico, Departamento Tecnico. (5 de Marzo de 2010). *Cofrico Grupo*. Obtenido de <http://www.cofrico.com/newswp/blog/clasificacion-de-los-sistemas-de-refrigeracion/>
- E. Cano, J. P.-C. (2004). *Corrosión del cobre por ácidos orgánicos volátiles*. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, CSIC, Avda. Gregorio de Amo 8,28040 Madrid, Metalurgica. Madrid: Revista de Metalurgia.
- españa, M. d. (2004). Medición del caudal en sistemas de extracción localizada. *INSHT*.
- Fernandez, F. L. (2009). *Análisis del fenómeno de la corrosión en materiales de uso técnico: metales. Procedimientos de protección*.
- FLUKE. (2014). Obtenido de NSTRUMENT : <http://www.fluke.com>
- Gomez, L. F. (2012). *Gerenciamiento de un plan de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado de precision del edificio del cor de la refineria de barrancabermeja con base en la metodologia R.C.M*. Bucaramanga: Universidad industrial de santander .
- Gomez, L. F. (2012). *Gerenciamiento del plan de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado de precisión del edificio del COR de la refinería de Barrancabermeja con base en la metodología R.C.M*. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de ingenierias fisico-mecanicas, Especialización en gerencia de mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	61 de 68

Gómez, S. (8 de Diciembre de 2013). *Revista Cero Grados*. Obtenido de <https://www.0grados.com/mantenimiento-a-un-sistema-de-refrigeracion/>

Kumar, A. (2016). *Experimental investigation of solar driven desiccant air conditioning system based on silica gel coated heat exchanger*. National Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering. Kurukshetra, Haryana: ELSEVIER.

Larco, C. y. (2012). *CSL S.A*. Obtenido de <http://www.cslsa.com/views/quienes-somos.php>

Marin, A. F. (2014). *Procedimientos de mantenimiento para sistemas de refrigeracion en cuartos frios*. Pereira: Universidad tecnologica de pereira facultad de ingenieria mecanica.

Medrano, I. S. (2007). *Medición de Humedad Relativa*. *MetAs, S.A. de C.V. Metrólogos Asociados*.

Mesa, J. D. (Julio de 2012). *Propuesta de operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado del centro monaca*. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar.

Miranda, A. L. (2005). *Aire Acondicionado: Nueva Enciclopedia de la Climatizacion (5ª ed)*. Barcelona: CEAC.


Ramirez, I. M. (2013). *Psicrometría*. Esteli, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.

Sánchez P, D. A., & A., L. A. (2012). *Mantenimiento Productivo total TPM como herramienta de mejoramiento continuo*. Bogota D.C.: Universidad distrital francisco jose de caldas.

Sanchez P, D. A., & Lozada A, J. A. (2013). *Estructuracion del mantenimiento productivo total como herramienta de mejoramiento continuo en la linea de inyeccion de aluminio fabrica de motores y ventiladoras Siemens S.A*. Bogota D.C.: Universidad Distrital Fransisco Jose de Caldas.

Torre de enfriamiento. (2014). Over land park, Kansas, UNITED STATES: SPX Cooling technologies.


TRANE. (2014). Unidad Fan & Coil de Agua Helada Modelo: HFCA 03-12 Btu/h. *TRANE*.

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	62 de 68

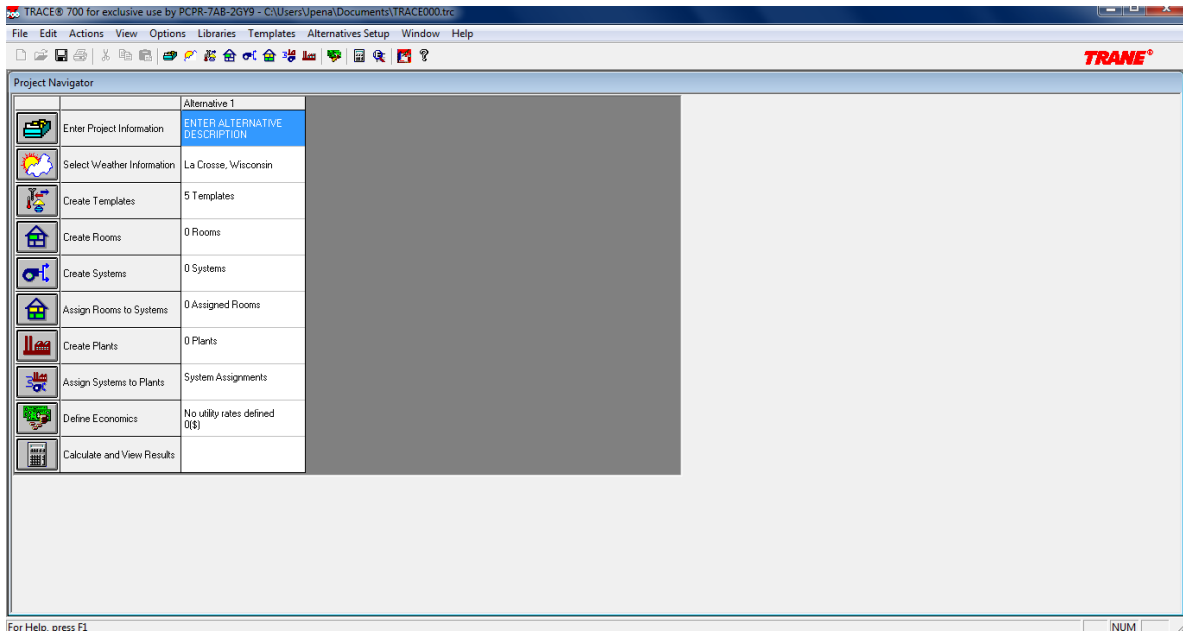
13. ANEXOS

13.1 SOFTWARE CALCULO DE CARGA TERMICA



	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	63 de 68

13.2 ANEXO 2



The screenshot shows the TRANE 700 software interface. The title bar reads "TRACE 700 for exclusive use by PCRB-7AB-2GY9 - C:\Users\Jpena\Documents\TRACE000.trc". The menu bar includes File, Edit, Actions, View, Options, Libraries, Templates, Alternatives Setup, Window, and Help. The Project Navigator window is open, displaying a list of tasks for "Alternative 1".

Task	Value
Enter Project Information	ENTER ALTERNATIVE DESCRIPTION
Select Weather Information	La Crosse, Wisconsin
Create Templates	5 Templates
Create Rooms	0 Rooms
Create Systems	0 Systems
Assign Rooms to Systems	0 Assigned Rooms
Create Plants	0 Plants
Assign Systems to Plants	System Assignments
Define Economics	No utility rates defined (0\$)
Calculate and View Results	

At the bottom left of the window, it says "For Help: oress F1". At the bottom right, there is a "NUM" label.



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

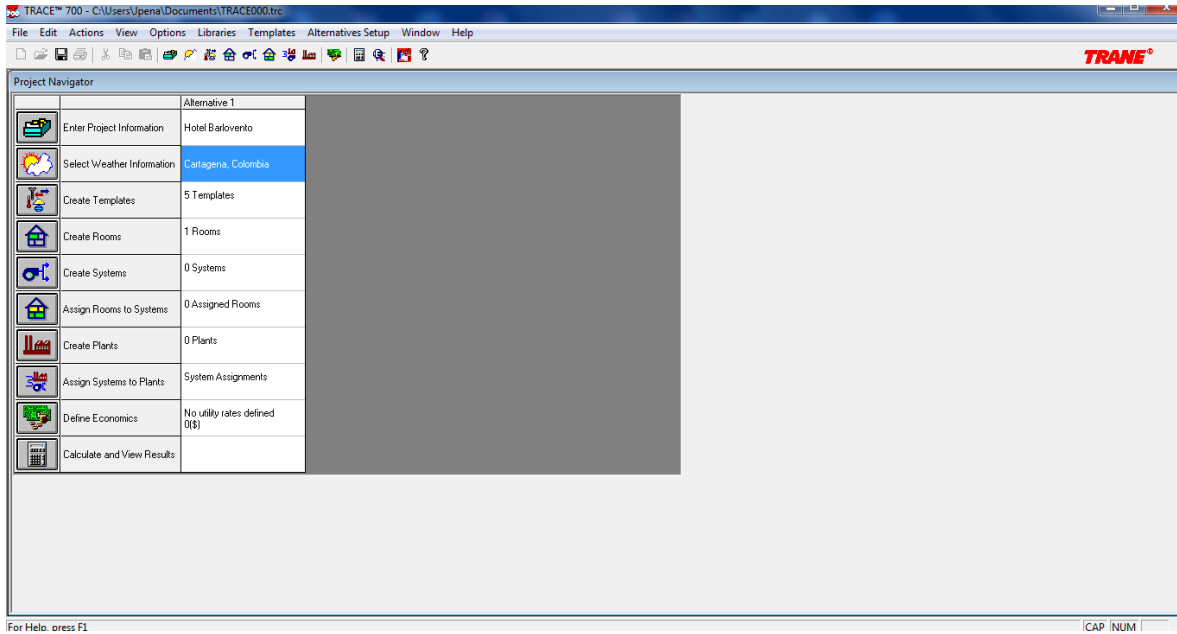
Código

00

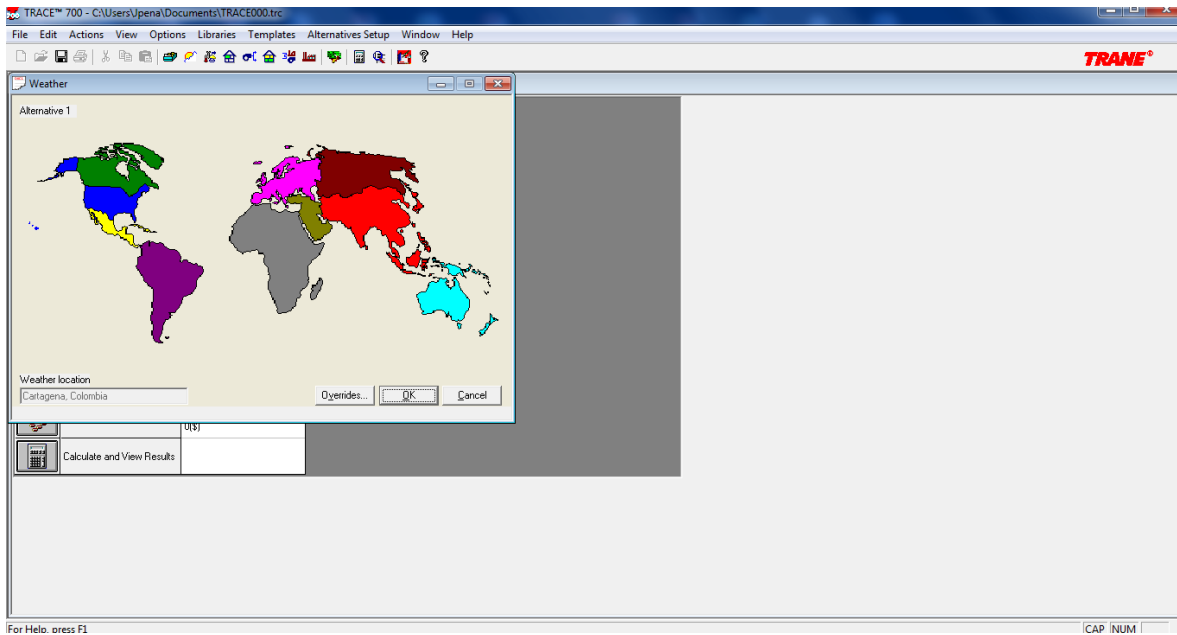
Página


64 de 68

13.3 ANEXO 3

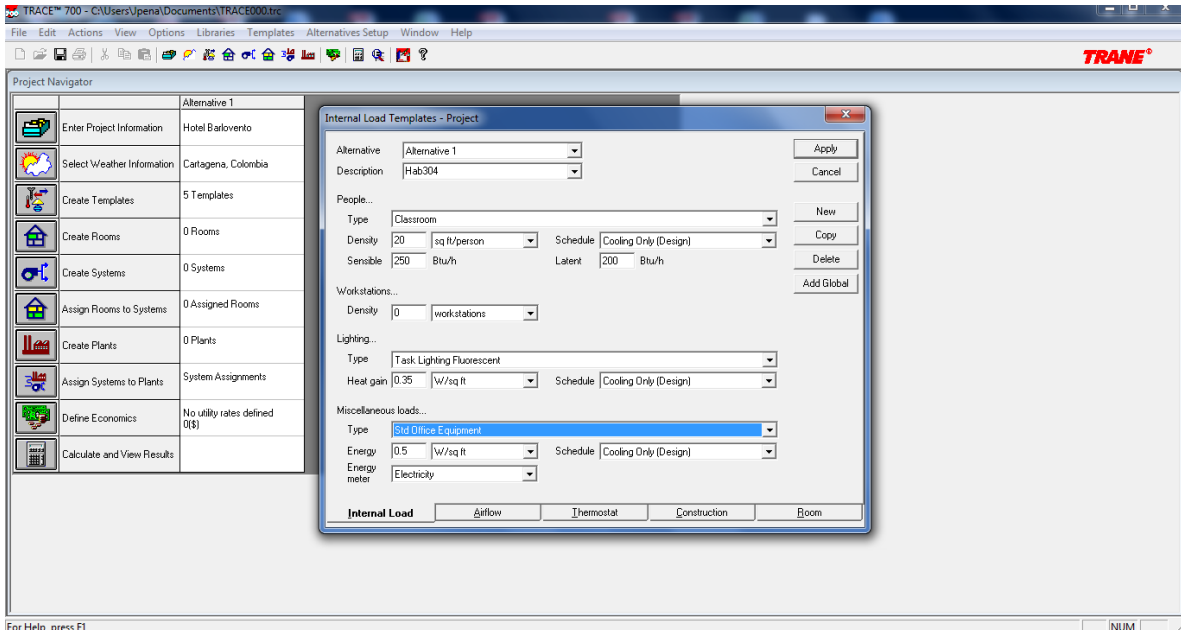


13.4 ANEXO 4

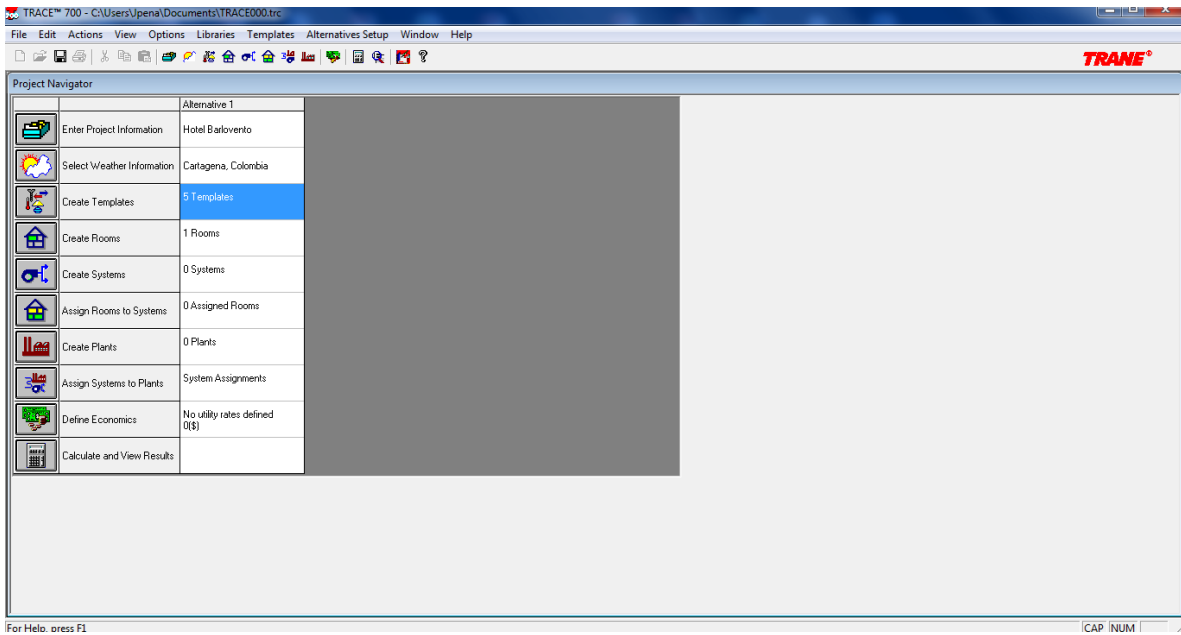


	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	65 de 68

13.5 ANEXO 5



13.6 ANEXO 6





Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Código

00

Página

66 de 68


13.7 ANEXO 7

The screenshot shows the TRANE 700 software interface. The 'Project Navigator' window is open, displaying a list of project steps for 'Alternative 1'. The 'Create Rooms' step is highlighted in blue, indicating it is the current active step. The list includes: Enter Project Information (Hotel Barlovento), Select Weather Information (Cartagena, Colombia), Create Templates (5 Templates), Create Rooms (1 Rooms), Create Systems (0 Systems), Assign Rooms to Systems (0 Assigned Rooms), Create Plants (0 Plants), Assign Systems to Plants (System Assignments), Define Economics (No utility rates defined (0)), and Calculate and View Results.

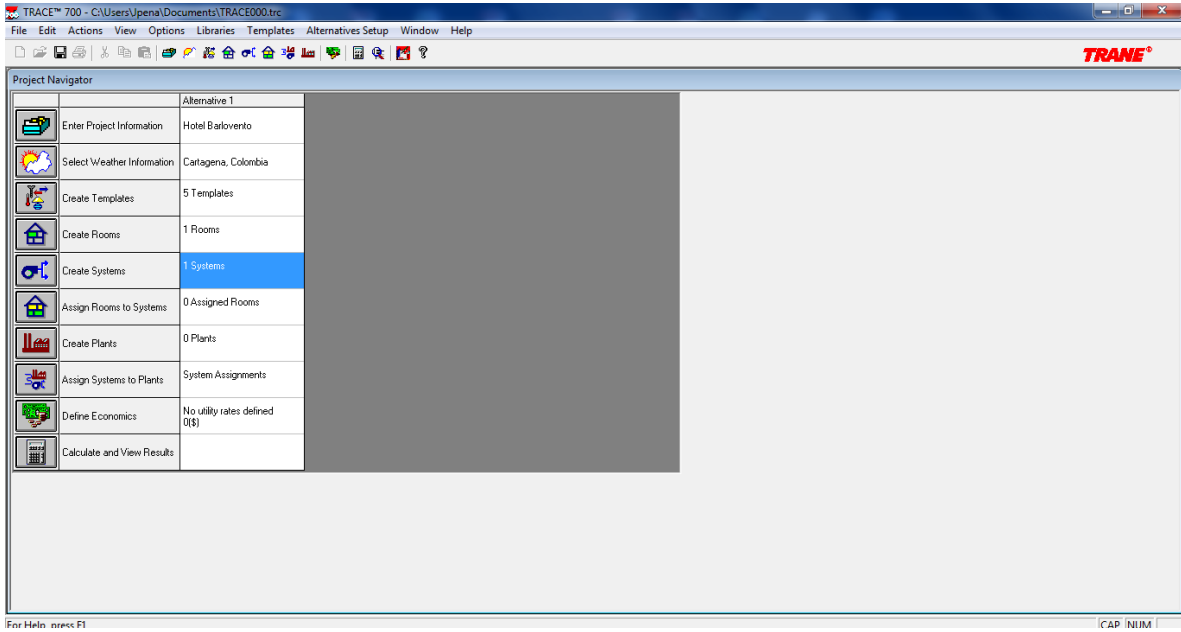
13.8 ANEXO 8

The screenshot shows the 'Create Rooms - Single Worksheet' dialog box in TRANE 700. The 'Room description' is set to 'Room - 001'. The 'Templates...' section shows 'Room' set to 'Default', 'Internal' set to 'Hab304', 'Airflow' set to 'Default', and 'Constr' set to 'Default'. The 'Length' and 'Width' are both set to 10 ft. The 'Wall...' table lists three walls with their respective dimensions and properties. The 'Internal loads...' section shows 'People' at 20 sq ft/person, 'Lighting' at 0.35 w/sq ft, and 'Misc loads' at 0.5 w/sq ft. The 'Airflows...' section shows 'Cooling vent' at 0 cfm, 'Heating vent' at 0 cfm, and 'VAV minimum' set to '% Clp Airflow'. The 'Single Sheet' tab is selected at the bottom.

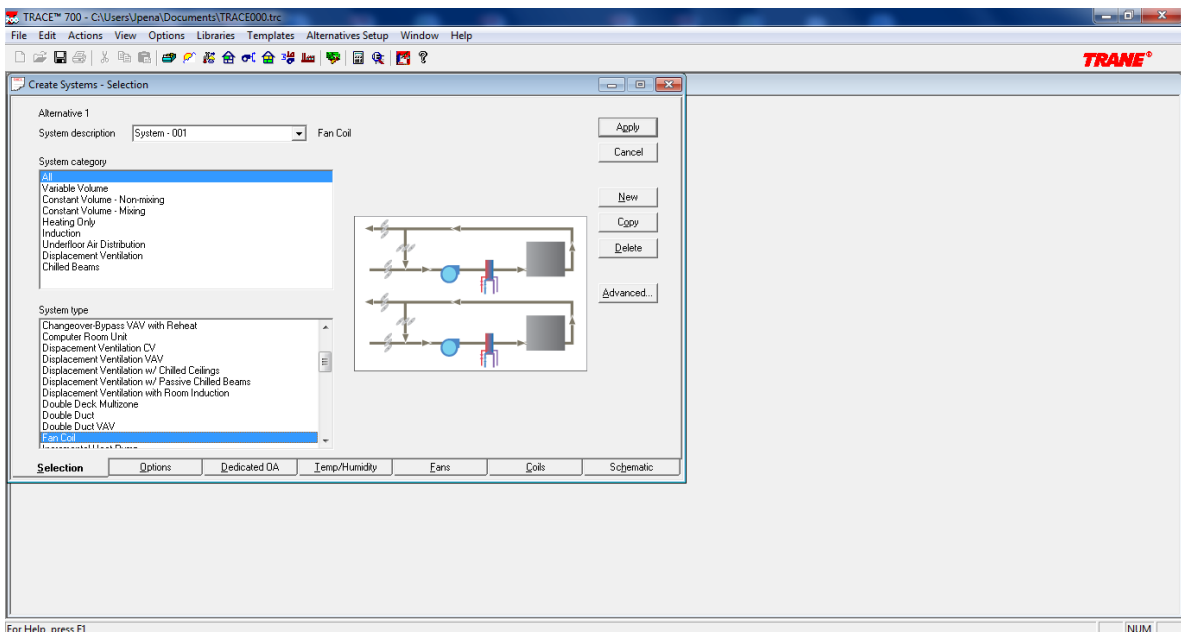
Description	Length (ft)	Height (ft)	Direction	% Glass or Qty	Length (ft)	Height (ft)	Window
Wall - 1	9	10	0	0	0	0	<input type="checkbox"/>
Wall - 2	9	10	90	0	0	0	<input type="checkbox"/>
Wall - 3	9	10	180	0	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico	Código	00
		Página	67 de 68

13.9 ANEXO 9



13.10 ANEXO 10





Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Código

00

Página

68 de 68

13.11 ANEXO 11

TRACE™ 700

File View Tools Help

Comparison Screen: + X

Arrangement: Horizontal Synchronize: Scroll Zoom Page Change

Design Cooling Load Summary

Design Cooling Load Summary

By Trane
 Hab 304
 Cartagena, Escogrande
 System - System - 001
 Zone - Room - 001
 Rooms - Rooms - 001
 Coil Location - Room
 Coil Peak Calculation Time: January, hour 1
 Ambient DB/WB/SH: 6.359 / 6.359 / 11.410

COOLING COIL LOAD INFORMATION					COOLING COIL SELECTION	
Load Component	Sensible Btuh	Latent Btuh	Total Btuh	Percent of Total	Coil Selection Parameters	
Solar Gain	430	112	542	4%	Coil Entering Air (DB / WB)	68.2 / 77.2 °F
Glass Transmission	500	0	500	4%	Coil Entering Humidity Ratio	13.629.000 gr/lb
Wall Transmission	605	115	720	5%	Coil Leaving Air (DB / WB)	47.68 °F
Roof Transmission	303	100	403	3%	Coil Leaving Humidity Ratio	7.727.000 gr/lb
Floor Transmission	240	0	240	2%	Coil Sensible Load	16.00 MBH
Adj Floor Transmission	0	0	0	0%	Coil Total Load	16.00 MBH
Partition Transmission	600	0	600	5%	Cooling Supply Air Temperature	55.00 °F
Net Ceiling Load	0	0	0	0%	Total Cooling Airflow	451.00 cfm
Lighting	1.589	623	2.212	18%	Resulting Room Relative Humidity	55.00 %
People	2.900	600	3.500	29%		
Misc. Equipment Loads	3.413	577	3.990	32%		
Cooling Infiltration	150	150	300	2%		
Sub-Total ==>	10.330	2.127	12.457	100%		
Ventilation Load	0	0	0	0.0%	General Engineering Checks	
Exhaust Heat	0	0	0	0.0%	Total Cooling Load	1.0 ton
Supply Fan Load	0	0	0	0.1%	Area Load	626.26 BTU/hr
Return Fan Load	0	0	0	0.0%	Total Floor Area	940 sq ft
Net Outlet Heat Pickup	0	0	0	0.0%	Cooling Airflow	0.21 cfm/sqft
Wall Load to Plenum	0	0	0	0.0%	Airflow / Load	463.35 cfm/ton
Roof Load to Plenum	0	0	0	0.0%	Percent Outdoor Air	10.0 %
Adj Floor to Plenum	0	0	0	0.0%	Cooling Load Methodology	TETD-TAI
Lighting Load to Plenum	0	0	0	0.0%		
Misc. Equip. Load to Plenum	0	0	0	0.0%		
Glass Transmission to Plenum	0	0	0	0.0%		
Glass Solar to Plenum	0	0	0	0.0%		
Over/Under Sizing	0	0	0	0.0%		
Reheat at Design	0	0	0	0.0%		
Underfloor Gap Heat Pickup	0	0	0	0.0%		
Supply Air Leakage	0	0	0	0.0%		
Total Cooling Loads	10.330	2.000	12.457	100.0 %		

Project Name: Hab_304
 Dataset Name: TRACE0001.rpt

TRACE™ 700 v6.2.4 calculated at 05:58 PM on 12/01/2016
 Alternative - 1 Design Cooling Load Report Pagina 1 de 1