



**EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE CON
CHORRO ABRASIVO Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN ESPACIOS
CONFINADOS DE EMBARCACIONES CON MIRAS HACIA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE MEJORE LA EFICIENCIA DE LA
DIVISIÓN DE PINTURAS EN LA EMPRESA COTECMAR**

2012

**EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE CON
CHORRO ABRASIVO Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN ESPACIOS
CONFINADOS DE EMBARCACIONES CON MIRAS HACIA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE MEJORE LA EFICIENCIA DE LA
DIVISIÓN DE PINTURAS EN LA EMPRESA COTECMAR**

**LUIS MIGUEL GARCÍA GARCÍA
LINA MARCELA VERA MARÍN**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.
2012**

**EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE CON
CHORRO ABRASIVO Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN ESPACIOS
CONFINADOS DE EMBARCACIONES CON MIRAS HACIA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE MEJORE LA EFICIENCIA DE LA
DIVISIÓN DE PINTURAS EN LA EMPRESA COTECMAR**

**LUIS MIGUEL GARCÍA GARCÍA
LINA MARCELA VERA MARÍN**

PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO

ASESOR Y/O DIRECTOR

**FABIÁN GAZABON ARIETA
ING. INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.
ABRIL DEL 2012**

Cartagena de Indias D.T. y C. Abril 13 de 2012

Señores:

COMITÉ CURRICULAR DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Programa de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Apreciados señores,

Por medio de la presente me permito presentar el informe final del trabajo de grado realizado por los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad tecnológica de Bolívar, LINA MARCELA VERA MARÍN Y LUIS MIGUEL GARCÍA GARCÍA. Trabajo que lleva como título: **EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE CON CHORRO ABRASIVO Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN ESPACIOS CONFINADOS DE EMBARCACIONES CON MIRAS HACIA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE MEJORE LA EFICIENCIA DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS EN LA EMPRESA COTECMAR.** En el cual me desempeñé cumpliendo la función de Asesor Metodológico, por lo tanto manifiesto mi participación en la orientación y conformidad con el resultado obtenido.

Atentamente,

FABIAN GAZABON ARIETA
Asesor metodológico
Ingeniero Industrial
Director facultad de ingeniería industrial

Cartagena de Indias D.T. y C. Abril 13 de 2012

Señores:

COMITÉ CURRICULAR DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Programa de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Apreciados señores,

Por medio de la presente, le hacemos entrega del informe final del Trabajo de Grado titulado: **EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE CON CHORRO ABRASIVO Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS EN ESPACIOS CONFINADOS DE EMBARCACIONES CON MIRAS HACIA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA QUE MEJORE LA EFICIENCIA DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS EN LA EMPRESA COTECMAR**, de los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, LINA MARCELA VERA MARÍN Y LUIS MIGUEL GARCÍA GARCÍA, como requisito reglamentario para optar por el título de **Ingeniero Industrial**.

Atentamente,

Lina Marcela Vera Marín

Código: T00016076

C.C 1047.395.304

Luis Miguel García García

código: T00015107

C.C 1.044.912.222

Nota de aceptación

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena D.T. Y C, 13 de Abril de 2012

Este trabajo de tesis está enteramente dedicado a DIOS y a mis padres, ya que son ellos los que me apoyan en el cumplimiento de cada logro de mi vida, son ellos los que me guían en las adversidades que se me presentan día a día.

“Yo te amo, Señor, tu eres mi fuerza, mi roca, mi fortaleza, mi libertador, mi DIOS, mi roca donde yo me refugio, mi escudo protector, mi salvación, mi asilo”.

Salmo 18, 2-3.

Lina marcela vera marín

Primeramente a Dios el dador de la vida y de la esperanza, y a mis padres por el apoyo y la confianza depositada en mi

Luis miguel García García

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan sus agradecimientos:

A la empresa COTECMAR, por brindarnos la oportunidad de realizar este trabajo investigativo, a todos los supervisores y superintendentes por brindarnos el apoyo necesario en la comprensión de los temas manejados por la división de pinturas. A **Daniel de la Cruz** jefe de la división de pinturas, por facilitarnos todos los recursos necesarios para el manejo de datos.

Al personal operativo de la división de pinturas por su disposición y acompañamiento en las pruebas realizadas para el desarrollo del proyecto.

A **Orlando Cuadrado Arteaga**, jefe de la división de soldadura, por prestar a algunos de sus trabajadores a cargo, para la elaboración de las probetas para los ensayos.

A **Fabián Gazabón Arrieta**, el asesor metodológico, por su asesoría en la construcción del presente proyecto.

A la **Universidad Tecnológica de Bolívar** y al programa de ingeniería industrial, por su alto nivel educativo de los docentes y personal académico con el que cuenta, con el objetivo siempre de formar profesionales capaces de ser líderes en cualquier ámbito laboral.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES DE COTECMAR.....	19
1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	19
1.2 MISIÓN.....	22
1.3 VISIÓN	23
2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	24
3. PRODUCTOS Y SERVICIOS.....	24
4. EVOLUCIÓN ESTRATEGICA DE COTECMAR	27
4.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	34
5. GENERALIDADES DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS DE COTECMAR	41
5.1 ESTRUCTURA ORGANICA	41
5.1.1 PERSONAL DIVISION DE PINTURAS.....	48
5.2 SERVICIOS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS.....	51
5.3 MAQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS.....	51
5.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS	52
5.4.1 PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	54
5.4.1.1 PERFIL DE ANCLAJE	56
5.4.1.2 GRADOS DE LIMPIEZA.....	57
5.4.1.3 GRADOS DE CORROSIÓN.....	60
5.4.2 PROCESO DE RASQUETEO	62
5.4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RASQUETEO EN COTECMAR	64
5.4.2.2 EQUIPOS	65
5.4.3 PROCESO DE LAVADO A PRESIÓN	66
5.4.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAVADO A PRESIÓN EN	
COTECMAR.....	68

5.4.4.1	EQUIPOS	68
5.4.4.2	PRUEBA DE SALES.....	69
5.4.4.3	CHORREADO A ALTA PRESIÓN.....	71
5.4.4.4	TIPOS DE CHORREADO UTILIZADOS EN COTECMAR	76
5.4.2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL CHORREADO DE ALTA PRESIÓN EN COTECMAR.....	77
5.4.4.5.1	EQUIPOS	78
5.4.4.5.2	PRUEBAS.....	80
5.4.4.6	LIMPIEZA MANUAL Y MECANICA	81
5.4.4.6.1	EQUIPOS	82
5.5	APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS	84
5.5.1	DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO EN COTECMAR.....	87
5.5.1.1	ESQUEMA DE PINTURAS	88
5.5.1.2	EQUIPOS	91
5.5.2	PRUEBAS DE CALIDAD DEL RECUBRIMIENTO	93
6.	REFERENTES TEÓRICOS	96
6.1	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CORROSIÓN	99
6.1.1	MEDICIN DE LA HUMEDAD	102
6.1.2	PUNTO O TEMPERATURA DE ROCÍO.....	103
6.2	ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN LOS PROCESOS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS EN COTECMAR.....	104
7.	PRUEBAS DE CAMPO EN TANQUES DE EMBARCACIÓN	116
7.1	DISEÑO METODOLOGICO DE LAS PRUEBAS DE CAMPO EN TANQUES DE EMBARCACIONES	117
7.2	MEDICIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN ESPACIOS CONFINADOS	119
7.2.1	ANÁLISIS DE LA HUMEDAD RELATIVA.....	126
7.2.2	ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA AMBIENTE	127
7.2.3	ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE	129
7.2.4	ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DE ROCÍO.....	130

7.3 MEDICIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES SOBRE EL ACERO DESCUBIERTO DE UN TANQUE.....	131
7.3.1 MEDICIÓN EN ACEROS NUEVOS.....	131
7.3.2 MEDICIÓN EN ACEROS USADOS	134
7.4 IMPACTO ECONOMICO DEL EFECTO DE LA CORROSIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS	137
8 DISEÑO DE ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA EN ESPACIOS CONFINADOS.....	141
8.1 CONTROL DE LA CORROSIÓN POR SISTEMAS DE CONTROL DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES.....	141
8.2 ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE DESHUMIDIFICACIÓN PARA LAS CONDICIONES REALES DE TRABAJO	144
8.2.1 SISTEMA DE DESHUMIDIFICACIÓN POR ENFRIAMIENTO DE AIRE 145	
8.2.2 SISTEMA DE DESHUMIDIFICACION POR DESECANTES	146
8.2.3 DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO.....	147
8.2.3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA ACTUAL	150
8.2.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA PROPUESTO.....	151
9. MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS TANQUES TIPO	152
9.1 SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA EL SISTEMA DE DESHUMIDIFICACIÓN	153
9.1.1 SELECCIÓN DE PROVEEDORES.....	154
9.1.2 COMPARACIÓN GRAFICA DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS .	156
9.1.3 COSTOS CON EQUIPO DESHUMIDIFICADOR.....	157
9.2 ANÁLISIS DE EFICIENCIA.....	158
CONCLUSIONES.....	161
RECOMENDACIONES.....	163
BIBLIOGRAFÍA.....	165

LISTA DE IMAGENES

IMAGEN 1: CORROSIÓN GRADO A.....	60
IMAGEN 3: CORROSIÓN GRADO C	61
IMAGEN 2: CORROSIÓN GRADO B.....	61
IMAGEN 4: CORROSIÓN GRADO D	62
IMAGEN 5: PROCESO DE RASQUETEADO EN EL MOMENTO DE LLEGADA DE LA M/N	64
IMAGEN 6: ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE LA M/N EN EL PROCESO DE RASQUETEADO	64
IMAGEN 7: RASQUETA.....	66
IMAGEN 8: PROCESO DE LAVADO A PRESIÓN	67
IMAGEN 9: MAQUINA DE LAVADO	69
IMAGEN 10: EQUIPO PARA PRUEBA DE SALES	71
IMAGEN 11: PROCESO DE CHORREADO A PRESIÓN.	75
IMAGEN 12: TOLVAS PARA CHORREADO.....	79
IMAGEN 13: COMPRESOR DE AIRE.....	79
IMAGEN 14: PRUEBA DE RUGOSIDAD.....	80
IMAGEN 15: PROCESO DE LIMPIEZA MECÁNICA.....	81
IMAGEN 16: EQUIPOS DE LIMPIEZA MANUAL.....	82
IMAGEN 17: HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA MECÁNICA	83
IMAGEN 18: PROCESO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	88
IMAGEN 19: PROCESO FINAL DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	88
IMAGEN 20: EQUIPO DE PINTURA AIRLESS.....	91
IMAGEN 21: PISTOLA DE PINTURA.....	92
IMAGEN 22: RODILLOS.....	92
IMAGEN 23: PRUEBA DE ADHERENCIA	94
IMAGEN 24: EQUIPO DE MEDICIÓN DE ESPESORES SECO Y HÚMEDO.....	94
IMAGEN 25: EQUIPOS DE MEDICIÓN DE DISCONTINUIDAD	95
IMAGEN 26: BUQUES UTILIZADOS PARA REALIZAR PRUEBAS DE HUMEDAD RELATIVA	118
IMAGEN 27: LAMINAS NUEVAS EXPUESTAS A LA HUMEDAD	132
IMAGEN 28: LÁMINAS CONTAMINADAS EXPUESTAS A DIFERENTES VALORES DE HUMEDAD	133
IMAGEN 29: LAMINAS DE ACERO USADO.....	135
IMAGEN 30: LÁMINAS USADAS DESPUÉS DEL SANDBLASTING	135
IMAGEN 31: PRUEBA DE LÁMINAS USADAS EN EL TANQUE	136
IMAGEN 32: RESULTADOS DE LA PRUEBA CON ACEROS USADOS EN EL TANQUE	136
IMAGEN 33: INTERIOR DE LOS TANQUES DE UN BUQUE	152
IMAGEN 34: TOBERA MÚLTIPLE	164

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: PERSONAL DIVISIÓN PINTURAS.....	48
TABLA 2: MAQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS.....	51
TABLA 3: GRADO DE LIMPIEZA	58
TABLA 4: REFERENCIA DE PINTURA	89
TABLA 5: REACCIONES DE LA CELDA DE CORRECCIÓN	98
TABLA 6: MEDICIÓN DE CONDICIONES AMBIENTALES	120
TABLA 7: RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE TEMPERATURA EN TANQUES	122
TABLA 8: RESULTADOS DEL PROMEDIO DE DATOS.....	126
TABLA 9: CONDICIONES AMBIENTALES DENTRO DEL TANQUE.....	132
TABLA 10: VALORES DE HUMEDAD EN DIFERENTES AMBIENTES	132
TABLA 11: CONDICIONES AMBIENTALES DE LA PRUEBA DE ACEROS USADOS.....	136
TABLA 12: COSTOS DE PROYECTOS MODELO DE COTECMAR.....	139
TABLA 13: RESUMEN DE COSTOS DE SANDBLASTING.....	140
TABLA 14: CURSOGRAMA MODELO ACTUAL	148
TABLA 15: CURSOGRAMA MODELO PROPUESTO	149
TABLA 16: VOLUMEN DE TANQUES PROTOTIPO	153
TABLA 17: REQUERIMIENTO TÉCNICO DE LOS EQUIPOS	154
TABLA 18: RESUMEN DE PROVEEDORES.....	154
TABLA 19: RESUMEN DE LOS DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS.....	155
TABLA 20: DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS.....	156
TABLA 21: RESUMEN DE COSTOS DE DESHUMIDIFICADOR.....	157
TABLA 22: COSTOS ENERGÉTICO DE EQUIPO DESHUMIDIFICADOR.....	158
TABLA 23: COSTOS DEPRECIACIÓN DE EQUIPO DESHUMIDIFICADOR.....	158
TABLA 24: COSTOS DE EQUIPO DESHUMIDIFICADOR POR HORA	159
TABLA 25: COSTOS DE LOS PROYECTOS CON EL USO DE EQUIPOS DESHUMIDIFICADORES	159

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1: DIRECCIONAMIENTO ESTRATÉGICO 2007-2020	28
FIGURA 2: ESTRUCTURA ORGÁNICA COTECMAR	37
FIGURA 3: CADENA DE VALOR COTECMAR 2007-2020	40
FIGURA 4: ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DIVISIÓN PINTURA	42
FIGURA 5: PERFIL DE ANCLAJE	56
FIGURA 6: GRANALLA ESFÉRICA	73
FIGURA 7: ESCORIA MOLIDA	74
FIGURA 8: CELDAS DE CORROSIÓN	97
FIGURA 9: DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO DE LOS PROCESOS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS	115
FIGURA 10: ESCALA VISUAL DE TEMPERATURA	121
FIGURA 11: COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD RELATIVA	127
FIGURA 12: COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL	128
FIGURA 13: COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA DE SUPERFICIE	129
FIGURA 14: COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURA DE ROCÍO	130
FIGURA 15: COMPARACIÓN GRÁFICA DEL DESARROLLO DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS	156

GLOSARIO

Buque: Construcción flotante de madera, hierro o cualquier otro material impermeable hecha para navegar en el mar con seguridad.

Eslora: Longitud del barco medida de proa a popa.

Línea de crujía: Línea diametral o central que divide al barco en dos costados iguales y simétricos.

Manga: Anchura del barco medida desde los costados o forros exteriores.

Calado: Distancia vertical de la parte sumergida del buque medida desde la quilla hasta donde llega la superficie del mar.

Línea de flotación: Línea que se forma entre la intersección de la superficie del agua con el casco de la embarcación.

Casco: Se le llama el cuerpo del buque.

Proa: Parte delantera del buque.

Popa: Parte trasera del buque.

Estribor: Es el lado derecho del barco si el observador se encuentra en el medio (línea de crujía) y mira desde la popa hacia la proa.

Babor: Es el lado izquierdo del barco contemplado en las mismas condiciones del caso anterior.

Quilla: Es la parte más inferior del buque donde reposa el casco.

Mamparo: Paredes internas del buque que se usan para dividir compartimentos.

Obra viva: Parte del casco que se sumerge en el agua.

Obra muerta: Parte del casco que no llega a sumergirse en el agua.

Cubierta: Son todos aquellos pisos que dividen el interior del buque dándole solidez y permite el tránsito dentro del mismo.

Bodegas: Es el espacio interior del buque comprendido entre la cubierta interior y la quilla.

Sentina: Es la parte inferior. En ella discurren y se almacenan los fluidos como aceites, combustibles y aguas. Estos se extraen mediante bombas hidráulicas o manuales de achique.

Lastre: Son todos aquellos medios (agua de mar o pesos de plomo o cemento) a través del cual son empleados en navegación para dar estabilidad de un buque.

Tanques de lastre: Son todos aquellos compartimentos en los cuales se almacena agua de mar temporalmente para darle estabilidad en la navegación del buque.

Pañol: Compartimiento del buque, para guardar víveres, municiones, etc.

Pañol de cadenas: Compartimiento donde se disponen las cadenas del ancla cuando estas se recogen.

Blasting: O como su lo indica su traducción al español *chorreado* es el proceso mediante el cual a través de un chorro presión se realiza el desprendiendo de la pintura vieja y/o en mal estado, oxidación y calamina.

Sandblasting: Proceso mediante el cual a través de un chorro a presión de aire con arena se realiza la preparación de la superficie.

INTRODUCCIÓN

La división de pinturas de la corporación de ciencia y tecnología COTECMAR tiene como actividades principales en el área de reparaciones la preparación de superficie y aplicación de recubrimientos, entre otros servicios generales a todos los tipos de embarcaciones marítimas y fluviales que llegan a la empresa con la necesidad de alguno de los servicios anteriormente mencionados, para llevar a cabo todos los procesos anteriores se vale de procedimientos específicos, determinados y validados por la división.

Una preparación adecuada de la superficie, garantiza que un buen recubrimiento pueda mantenerse en buenas condiciones por un largo periodo de tiempo, la rutina de preparación se realiza en el casco, superestructura y cubiertas de la embarcación así como en su interior (tanques, sentinas, pañoles). La división de pinturas de acuerdo con las normas internacionales establecidas para la preparación de superficies metálicas usa la técnica blasting, sin embargo, según el grado de limpieza que se desea obtener, el área a trabajar y la exigencia del cliente la técnica puede variar y para esto la división cuenta con otros tipos de procedimientos como rutina mecánica y piqueteo.

La aplicación del recubrimiento tiene como finalidad proteger el sustrato con el fin de alargar la vida útil de este y a su vez de la embarcación, evitar la corrosión y proporcionarle durabilidad a la estructura, si se cuenta con un buen sistema anticorrosivo menor será la probabilidad de falla en el esquema de pintura aplicado. En Colombia los costos de la corrosión se estiman en 1,3% del PIB¹ (Producto Interno Bruto) por lo tanto es de vital importancia invertir tiempo y dinero en métodos para la protección de esta. La división de pinturas de COTECMAR realiza un esquema completo y garantizado de recubrimiento capaz de proteger la embarcación de los ataques de incrustaciones, corrosión y tiempo de vida.

¹. ARROYAVE, Carlos. "El impacto de la corrosión en la economía de los países latinoamericanos". Universidad Antonio Nariño.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los procesos de preparación de superficie con chorro abrasivo y aplicación de recubrimientos en espacios confinados de embarcaciones con mira hacia la implementación de un sistema que mejore la eficiencia de la división de pinturas en la empresa COTECMAR.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar la importancia de la división de pinturas a través de los aportes de sus procesos productivos a la cadena de valor de la empresa COTECMAR sede Mamonal.
- ❖ Identificar y analizar a fondo los procesos, características y problemáticas de la división de pintura para el mejoramiento de la eficiencia de los procesos de preparación de superficie y aplicación de recubrimiento.
- ❖ Realizar un diagnóstico tecnológico de los procesos de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos, con miras a establecer que tan adecuadas son las tecnologías y como impactan en la eficiencia de los procesos objetos de este estudio.
- ❖ Diseñar un sistema que mejore las condiciones de trabajo en las cuales se realizan la preparación de superficie y aplicación de recubrimiento en espacios confinados de embarcaciones.
- ❖ Evaluar el factor costo beneficio de la propuesta de implementación de mejora diseñado.

1. GENERALIDADES DE COTECMAR

En este primer capítulo se presenta a manera informativa, las generalidades de COTECMAR enfocándose en el direccionamiento estratégico de esta, dando lugar al desarrollo histórico desde sus inicios hasta la fecha, también se abarcara el funcionamiento interno y por último se explicara de forma general las generalidades de la división de pintura, con el fin de conocer el manejo que le da Cotecmar a cada división del departamento de producción especialmente la división de pintura.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA²

A mediados de los años 50 Colombia ya tenía una Marina de Guerra para defender la soberanía nacional. Sin embargo, uno de sus mayores problemas logísticos era que cuando alguna unidad a flote debía ser reparada había que enviarla al extranjero, lo cual implicaba incurrir en gastos onerosos. Por eso, en 1951 se empezó a construir un astillero especializado, que tres años después estrenaría un varadero con una capacidad de levante de 1.200 toneladas. En 1965 la necesidad de ampliar su capacidad hizo que el Instituto de Fomento Industrial y el Fondo Rotatorio de la Armada fundaran la Empresa de Astilleros y Servicios Navales de Colombia, EDANSCO, que cuatro años después se convertiría en la Compañía Colombiana de Astilleros, CONASTIL, cuyo objetivo era convertirse en el astillero más importante del Mar Caribe.

Sus inicios fueron promisorios. En tan solo seis años la nueva empresa logró consolidar una moderna planta en la zona industrial de Mamonal, a 30 minutos de Cartagena. La calidad de su trabajo alcanzó un reconocimiento importante a nivel regional, pero la falta de capital y elevados compromisos económicos la llevaron al

² Corporación de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de la industria Naval, Marítima y Fluvial, COTECMAR. “Quiénes somos”. Pág:19

concordato y luego a su liquidación definitiva en 1993. Ante la ausencia de un astillero propio, la Armada Nacional nuevamente se encontró en un escenario logístico adverso, similar al que ya había sido superado en el pasado: para mantener su flota tenía que acudir a países como Alemania, Panamá y Curazao, pagando altísimos costos en asistencia, mano de obra y combustible, con el agravante de tener que gastar más tiempo desplazando sus buques.

Mientras la Armada Nacional buscaba soluciones que resolvieran problemas de tiempo, disponibilidad y recursos, las instalaciones astilleras de Mamonal yacían en el olvido. Un plan de contingencia que sirvió para apoyar a las Unidades Menores de la flota consistió en renovar el pequeño astillero de la Base Naval en Bocagrande, cuya dársena tenía la capacidad de levantar hasta 1.200 toneladas, un peso limitado que no permitía efectuar trabajos de obra viva a embarcaciones mayores. COTECMAR empezó a tomar forma con la adquisición del terreno donde funcionaría el astillero del futuro. Posteriormente, se llevó a cabo la recuperación y adecuación de las instalaciones de Mamonal. En enero de 1997 la situación ya era bastante compleja debido a los efectos que había causado la liquidación de CONASTIL.

COTECMAR busco fortalecer la estrategia de proponerle a la fiduciaria realizar el intercambio de unos terrenos que la Armada Nacional poseía en aquel momento; a esta le pareció justa la propuesta. El 20 agosto de 1997 la junta directiva de la fiduciaria oficializó el intercambio de activos sin recursos económicos de por medio; el 10 de noviembre se firmó el acuerdo y el 27 de diciembre finalmente se firmaron las escrituras de un negocio que recompensó con creces la perseverancia de los que lideraron con visión estratégica este episodio de negociaciones.

Por otra parte, para el desarrollo de la recuperación de las instalaciones de Mamonal, se dedicó mucho esfuerzo que se invirtió en el lote agreste de Mamonal. Para esto, era necesario recuperar lo más pronto posible el sistema de levante y el eje de transferencia, acaso los instrumentos más importantes para iniciar operaciones rápidamente y de manera sostenible. Un equipo técnico de seis oficiales fue el encargado de liderar la misión.

Entre el 1º y el 27 de diciembre tuvo la misión de diseñar un programa de recuperación en el cual determinó qué infraestructura se podía dejar como estaba, cuál se debía complementar y qué tenía que construirse nuevamente.

Para el 24 de julio de 1998, se da cumplimiento a la misión encomendada, la recuperación de Mamonal.

El 21 de julio del año 2000 COTECMAR fue legalmente constituida bajo estos parámetros, mediante una sociedad conformada por el Ministerio de Defensa-Armada Nacional, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Tecnológica de Bolívar y la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito como socios fundadores.

Después de 11 años COTECMAR ha demostrado su potencial industrial. En ese par de lustros mucha ha sido el agua que se ha visto correr: Más de 60 buques de diferentes tipos entre los que se cuentan unidades navales y motonaves para fines comerciales han sido construidas; más de 600 reparaciones han sido realizadas y un nutrido portafolio de clientes ha sido consolidado. Estos resultados son significativos para una empresa que tuvo que empezar prácticamente desde cero, con un precario apoyo económico facilitado por el gobierno para la adecuación del sincroelevador y del eje de transferencia. A partir de ahí y hasta el día de hoy,

COTECMAR ha forjado su presente comercial a pulso, partiendo del hecho de que debe ser auto sostenible.

1.2 MISIÓN³

“COTECMAR es una Corporación de ciencia y tecnología orientada al diseño, construcción, mantenimiento y reparación de buques y artefactos navales.

COTECMAR, apoyada en la relación universidad-empresa, tiene como prioridad la investigación, el desarrollo, la aplicación de nuevas tecnologías y de las mejores prácticas empresariales en la elaboración de sus productos y servicios, dirigidos a satisfacer las necesidades técnicas de la Armada Colombiana y del mercado nacional e internacional, para así contribuir con el desarrollo tecnológico, social y económico del país.

COTECMAR propicia el desarrollo personal y profesional de sus integrantes y se compromete con una cultura de calidad y respeto al medio ambiente. Sus socios, empleados y aliados son el respaldo y la seguridad en la excelencia del servicio.”

³ Corporación de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de la industria Naval, Marítima y Fluvial, COTECMAR. “Quiénes somos”. pág: 31

1.3 VISIÓN⁴

“Ser la organización líder en la investigación e innovación tecnológica para el desarrollo del Poder Marítimo Nacional, en el campo de la industria naval, marítima y fluvial, con proyección internacional”

La importancia de seguir la misión y visión para COTECMAR hace que para el 2012 la corporación cumpla con los retos direccionadores que están determinados, cumpliendo con un grado de eficiencia en todos sus productos y/o servicio a ofrecer.

Para COTECMAR es muy importante manejar un Sistema articulado de Investigaciones, ya que por medio de esto podrá estimular la creatividad como aporte al conocimiento individual y colectivo, aplicado a los productos y servicios, con el objetivo de ampliar el mercado y alcanzar el éxito económico de la organización, no desmeritando la importancia que tiene el manejo de la responsabilidad social ya que para la corporación es significativo el cumplimiento a los compromisos adquiridos con los individuos, con la comunidad y con el Estado, al igual que se reconoce el deber adquirido por el impacto ambiental de su actividad empresarial, esmerándose así por alcanzar un desarrollo sostenible y armónico con el entorno

⁴ Corporación de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de la industria Naval, Marítima y Fluvial, COTECMAR. “Quiénes somos”. Pág.: 33

2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Cotecmar planta Mamonal es una corporación de ciencia y tecnología para el desarrollo de la industria naval, marítima y fluvial que se encuentra ubicada en la zona industrial mamonal, en el kilometro 9. Cartagena (Colombia).

3. PRODUCTOS Y SERVICIOS

Cotecmar es una empresa que tiene por objeto proporcionar soluciones avanzadas a la Industria Naval, Marítima y Fluvial y cuya actividad comercial se encuentra en las áreas de diseño, construcción, reparación y mantenimiento de motonaves y artefactos marítimos y fluviales, servicios tecnológicos e industriales y actividades de consultoría.

Los productos y servicios que ofrece Cotecmar cumplen con los estándares de calidad reconocidos internacionalmente, ofreciendo precios competitivos, mano de obra calificada y tiempos de permanencia acorde con las respectivas necesidades; Cotecmar por su compromiso con el desarrollo de la industria, presta cada uno de sus servicios basándose en la innovación y el desarrollo tecnológico.

A continuación se presentan los servicios ofrecidos por COTECMAR:

- ✓ **Diseño y Construcción de Buques y Artefactos Navales Fluviales – Este proceso está certificado bajo la norma ISO 9001:2008 otorgado por la Lloyd’s Register Quality Assurance.**
 - Asesoría en diseño y construcción de todo tipo de unidades
 - Diseño y construcción de botes en materiales compuestos.

- ✓ **Reparación y Mantenimiento de Buques y Artefactos Navales - Certificado bajo la norma ISO 9001:2008 otorgado por la Lloyd’s Register Quality Assurance**
 - Maniobra de subida y bajada de embarcaciones.

- Pintura y recubrimientos.
- Medición de espesores por ultrasonido.
- Remoción y cambio de aceros.
- Remoción e instalación de tuberías.
- Mantenimiento y reparación de la línea de propulsión de paso fijo y paso variable.
- Mantenimiento y reparación de válvulas de fondo.
- Mecanizado de piezas.
- Pruebas neumáticas e hidrostáticas
- Estudios de protección catódica.
- Balanceo estático y dinámico de hélices.
- Servicio de Muelles
- Ensayos no destructivos

✓ **Servicios de Conversión y modernización.**

Consultoría y Asesoría - Certificado bajo la norma ISO 9001:2008 otorgado por la Lloyd's Register Quality Assurance

- Consultoría en Ingeniería y Arquitectura Naval.
- Consultoría en soldadura para procesos especiales de reparación.
- Elaboración de protocolos de pruebas de puerto y de mar.
- Conducción de pruebas de puerto y de mar.
- Preparación de propuestas para modificaciones y alteraciones de buques.
- Asesoría y consultoría para el aseguramiento de la calidad en todos los procesos especializados de la Industria Naval, Marítima y Fluvial.

Trabajos de Metalmecánica y Soldadura en General

- Fabricación de estructuras metálicas, tanques y plantas industriales.
- Soldadura para procesos especializados y de mantenimiento TIG / MIG / SMAW.
- Corte por control numérico oxiacetilénico y plasma.
- Doblado y rolado de láminas hasta 3/4" x 6 metros.
- Torneado, alesado, cepillado y fresado.

✓ **Servicios Técnicos Industriales**

Los servicios técnicos se enfocan en el mantenimiento y reparación de:

Taller de Motores DETROIT DIESEL

- Motores diesel MTU, Detroit y Caterpillar hasta 5.000 HP
- Reductores Twin disc, MTU y Allison.
- Bombas para agua, aceite y combustible, inyectores, turbos, blowers, culatas, múltiples de admisión y escape, enfriadores y tanques de expansión.
- Pruebas de dinamómetro para motores de 100 HP a 2.000 HP y 4000 RPM.
- Balanceo dinámico y estático hasta 100 Kg y 1 metro de diámetro.
- Diagnóstico preventivo de motores y toma de parámetros de funcionamiento.

Taller de Electricidad (Taller de Servicio Autorizado Siemens Motores)

- Motores eléctricos trifásicos y monofásicos y generadores.
- Convertidores rotativos y transformadores de distribución de baja tensión.

Diseño, montaje, instalación y mantenimiento de:

- Sistemas de monitoreo, control y automatización.
- Sistemas De aire acondicionado y refrigeración para servicio marino, industrial y comercial.
- Sistemas de protección para equipos y maquinaria eléctrica.
- Sistemas de detección de incendios.
- Líneas de baja y media tensión.

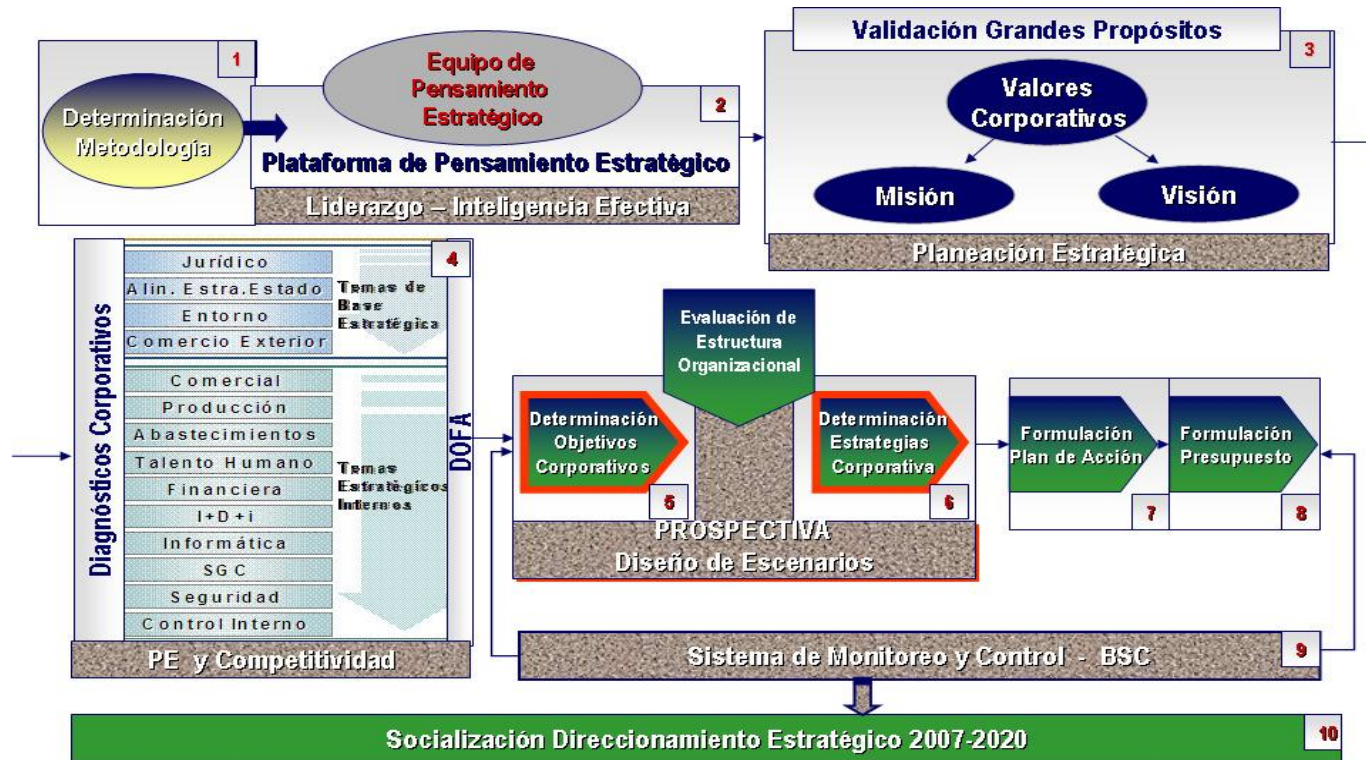
4. EVOLUCIÓN ESTRATEGICA DE COTECMAR

El Plan Estratégico de COTECMAR tiene como propósito fundamental consolidar comercial, financiera y administrativamente a la Corporación en el mediano y largo plazo.

El proceso del plan estratégico permite realizar un análisis acerca de las condiciones actuales del entorno de la empresa y un diagnóstico del desempeño de COTECMAR para estructurar un plan que le permita a la Organización mejorar sus condiciones con el fin de enfrentar las variables internas y externas que pueden afectar su desarrollo.

El proceso de Direccionamiento Estratégico COTECMAR 2007-2020 se desarrollo en diez (10) etapas. En la figura 5 se aprecia cada una de las etapas del proceso.

Figura 1: Direccionamiento estratégico 2007-2020



Fuente: Documento pdf COTECMAR, PLAN ESTRATEGICO COTECMAR 2007-2020, 2006

El desarrollo del direccionamiento estratégico, se ha ido trabajando año por año, el que se muestra en la figura 5 se actualizó en el año 2006 para cumplir con el plan estratégico hasta el 2020.

Es importante saber que las iniciativas estratégicas, son acciones determinantes para la construcción del futuro. El análisis desarrollado para la determinación del direccionamiento consiste en crear una serie de parámetros para cumplir esos objetivos estratégicos. En primera instancia encontramos la variable que está conformada por los cuadrantes 1,2 y 3, donde está a cargo por un equipo de pensadores estratégicos que tomaran como variable fundamental la inteligencia efectiva y el liderazgo, la cual esta determinara la plataforma estratégica, que es la que orientara la planeación estratégica dando cumplimiento poco a poco a los retos que se quieren alcanzar.

En el cuadrante 4 se hace referencia a los objetivos que deben favorecer la planeación estratégica y la competitividad donde van hacer fuente de alimentación para las iniciativas estratégicas que están conformadas por los cuadrantes 5 y 6, donde se tomaran como base la determinación de objetivos corporativos, en la cual va hacer desarrolladas bajo la metodología de prospectiva. Las iniciativas estratégicas son:

✓ En la parte **financiera**:

- Optimizar el flujo de efectivo
- Optimizar los activos productivos
- Optimizar el ciclo de eficiencia operativa

✓ En la parte **comercial**:

- Incrementar la participación de proyectos de: reparaciones en dique y predique, nuevas construcciones, reparaciones y mantenimiento de motores diesel y sistemas eléctricos, para buques con rutas en el Caribe y sector industrial.

- Seleccionar los nuevos mercados a desarrollar y formular los proyectos estratégicos requeridos para incursionar en estos mercados.
- ✓ En la parte de **producción**:
 - Maximizar las capacidades tecnológicas y de infraestructura actuales para la atención efectiva de los proyectos de ventas de servicio.
 - Optimizar y mejorar la administración de operaciones productivas en astillero.
- ✓ En la parte de **logística**:
 - Integrar los procesos internos de Cotecmar, en torno de una logística efectiva.
 - Integrar los proveedores focales dentro de la cadena de suministros de Cotecmar.
 - Integrar los clientes externos principales dentro de la cadena de suministros de Cotecmar.
- ✓ En la parte **recursos humanos**:
 - Diseñar e implementar la plataforma de gestión de talento humano.
 - Fortalecer las competencias del personal de acuerdo a la reestructuración organizacional y capacitar el talento humano que atenderá las demandas de mediano y largo plazo.
 - Gestionar los mecanismos y métodos para satisfacer, en términos de manos de obra, las demandas de bienes y servicio de corto plazo⁵.

⁵ Documento pdf COTECMAR, PLAN ESTRATEGICO COTECMAR 2007-2020, pag: 21,22.

Los cuadrantes 7 y 8 son los que corresponden a las actividades estratégicas donde, derivadas de las iniciativas, son consideradas proyectos cuyo resultado sumado permitirá alcanzar la iniciativa planteada.

Las actividades tienen tareas asociadas, las cuales corresponden a las asignaciones tácticas o planes de acción. De tal manera que la ejecución, seguimiento y control de las tareas es anualizado.

Para el periodo del 2007 al 2020, COTECMAR desarrollará 58 actividades estratégicas, cada una de ellas debidamente alineada con las iniciativas, los objetivos, las variables y la perspectiva. Estas actividades son:

- ✓ Las actividades en la parte **financiera** son:
 - Proponer alternativas para el manejo del capital del trabajo de la corporación.
 - Implementar estrategias para optimizar el uso y manejo de los activos fijos de la corporación y medir su entorno.
 - Formalizar la tenencia de la corporación.
 - Representar ante la administración de impuestos el proyecto estabilidad jurídica para COTECMAR.
 - Presentar estados financieros detallados por unidad de negocio dentro de los 5 días siguiente al corte del mes.
 - Optimizar proceso de consolidación de costos y suministro de información para la toma de decisiones.

- ✓ las actividades para la parte de **comercial** son:
 - fidelizar y desarrollar los clientes actuales
 - aumentar el número de clientes nuevos y potenciales.
 - Determinar e implementar esquemas integrales corporativos para mejorar la competitividad.
 - Formular e implementar proyecto de expansión de negocio orientado a un nuevo nicho de mercado

✓ Actividades por parte de **producción:**

- Diseñar, implementar y controlar el modelo gerencial del sistema de gestión de mantenimiento de COTECMAR, para la infraestructura y los equipos.
- Fortalecer las necesidades e incorporar las tecnologías requeridas por los procesos productivos actuales para alcanzar niveles operativos.
- Estructurar una plataforma de planificación, programación, control y evaluación de las líneas de servicios y productos corporativas con orientación a la mejora continua.
- Normalizar y estandarizar procesos, pruebas y productos intermedios.

✓ Actividades por parte **logística:**

- Implementar procedimientos internos para estandarizar las operaciones logísticas.
- Normalizar operaciones dentro de la cadena de suministros.
- Integrar los procesos de flujo de material con los procesos de administración de la demanda y de la manufactura.
- Realizar alianzas con proveedores.
- Desarrollar E-business con los proveedores clave con el propósito de facilitar operaciones.
- Diseñar la estrategia que permita determinar los requerimientos de los clientes para optimizar el tiempo de respuesta del mismo.

✓ Actividades por parte de **talento humano:**

- Redireccionar las políticas de gestión humana de acuerdo al plan estratégico 2007-2011.

- Reestructurar los perfiles de acuerdo a los retos estratégicos.
- Diagnosticar, diseñar e implementar el modelo de capacitación.
- Elaborar estudio del mercado laboral regional en el sector de la industria naval y proyección dentro del escenario.
- Diseñar e implementar mecanismos que permitan la consecución del personal para satisfacer las necesidades de la corporación⁶.

Por último encontramos el cuadrante 10 donde abarca todo lo de sistema y monitoreo y control, en esta etapa del proceso de Direccionamiento Estratégico, se realiza con el propósito fundamental de diseñar e implementar un mecanismo de gestión que permita hacer un seguimiento efectivo al proceso, orientado a facilitar la toma de decisiones.

El control estratégico se basa en analizar y evaluar el proceso de planeación para asegurar su correcto funcionamiento.

El control de la planeación estratégica permitirá medir la eficacia del plan (objetivos y metas alcanzadas) y también su eficiencia en la ejecución (ejecución presupuestal). La información obtenida permitirá establecer los correspondientes ajustes al Plan Estratégico y su contribución al logro de los objetivos corporativos.

El modelo de planeación estratégica requiere un sistema de medición y control que permita conocer, de manera sistemática y permanente, los avances y resultados de la operación de COTECMAR, esto facilitará el análisis de los problemas y debilidades de las actividades, tendiente a tomar oportunamente las decisiones que se requieren para reencauzar el plan hacia el logro de los objetivos propuestos.

⁶ Documento pdf COTECMAR, PLAN ESTRATEGICO COTECMAR 2007-2020, pag: 23-25.

4.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

COTECMAR es una corporación líder en la industria naval en la región Caribe, para llegar a hacer lo que es hoy, desde su comienzo ha trabajado en el fortalecimiento del desarrollo interno, fortaleciendo y dando gran importancia a cada una de las unidades que hacen parte de su estructura organizacional.

Como se muestra en la figura 1, la corporación cuenta con cuatro unidades de apoyo, donde cada una aporta un beneficio para el crecimiento económico, social, y tecnológico de la empresa.

La unidad de trabajo de dirección y planeación, está conformada por las oficinas TIC'S, por las oficinas de planeación y por las oficinas de sistema integrado de gestión, esta unidad está encaminada a la investigación e innovación continua de la corporación, donde tienen el seguimiento y la aprobación del grupo de apoyo, que está conformado por el consejo directivo, del presidente y del vicepresidente.

Las *unidades asesoras*, brindan información técnica y conocimientos especializados al grupo de apoyo mencionado anteriormente. Estas unidades cuentan con una autoridad técnica que les permite proponer al grupo de apoyo las medidas o criterios para resolver un asunto.

Las *unidades de gestión estratégica* está representada por un fuerte grupo funcional como son la dirección I +D+I, la dirección financiera administrativa, la dirección de talento humano y el centro de gestión del conocimiento que cuentan con el soporte del sistema de inteligencia empresarial, con el sistema integrados de investigación, el sistema integral de aprendizaje organizacional y el sistema integrados de gestión.

Las unidades de gestión estratégica lo que quiere principalmente Contribuir al desarrollo del Poder Marítimo en el campo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial, mediante el diseño, consultoría y la formulación, gestión y desarrollo de programas, proyectos y actividades de carácter científico y tecnológico orientados al cumplimiento de las políticas de ciencia y tecnología de la Corporación, en

concordancia con las necesidades y prioridades de los clientes, propiciando el aprendizaje colectivo a partir de experiencias exitosas y la formación del talento humano hacia una cultura para la investigación y la cooperación entre los Centros de Formación y el Sector Productivo, y su aplicación para la producción de innovaciones en procesos y productos.

Las *unidades de negocio* están conformadas por la dirección bocagrande, dirección Mamonal y dirección construcciones.

La ***Dirección Bocagrande*** Cuenta con un varadero tipo Slip para buques y artefactos Navales de hasta 1200 Ton / 14 pies de calado y un varadero tipo slip de hasta 250 ton / 9 pies de calado, construidos sobre una dársena con 250 metros de muelles no continuos para apoyo y reparaciones a flote.

La dirección de bocagrande presta los servicios de reparación en muelle, reparación en dique y conversión y modernización a las grandes embarcaciones tanto comercial como buques propios de la Armada Nacional.

La planta Bocagrande para los servicios técnicos industriales en el área de producción cuenta con:

- ❖ Taller de Motores
- ❖ Taller de Electricidad
- ❖ Taller de Electrónica y Automatización.

La ***Dirección Mamonal*** Se encuentra ubicada en Cartagena de Indias, en el kilómetro 9 de la zona industrial de Mamonal. COTECMAR planta mamonal cuenta con una completa infraestructura y tecnología de punta, personal altamente calificado, orientado al servicio y siempre dispuesto a satisfacer y anticipar las expectativas más altas de los clientes.

La Planta Mamonal cuenta con un sincroelevador moderno, certificado por Lloyd's Register, con una capacidad de levante de 3.600 toneladas métricas, 117 metros

de longitud, 22 metros de ancho, y un calado de hasta 5.4 metros máximo, siete posiciones de varadas, un hangar y espaciosos muelles, que facilitan la realización de los trabajos antes de que la embarcación éste en dique.

La dirección mamonal presta sus servicios al mantenimiento y reparación tanto de embarcaciones propias de la Armada Nacional como a cualquier embarcación comercial que cumpla con las condiciones de levante del sincroelevador (en caso de trabajos en dique).

Las capacidades de los servicios técnicos industriales en el área de producción cuenta con:

❖ División de varadero está conformado por un:

- Sincroelevador
- Muelle
- 7 posiciones de varada
- Hangar de submarinos
- equipo rodante

❖ División de soldadura y paileria

❖ División mecánica

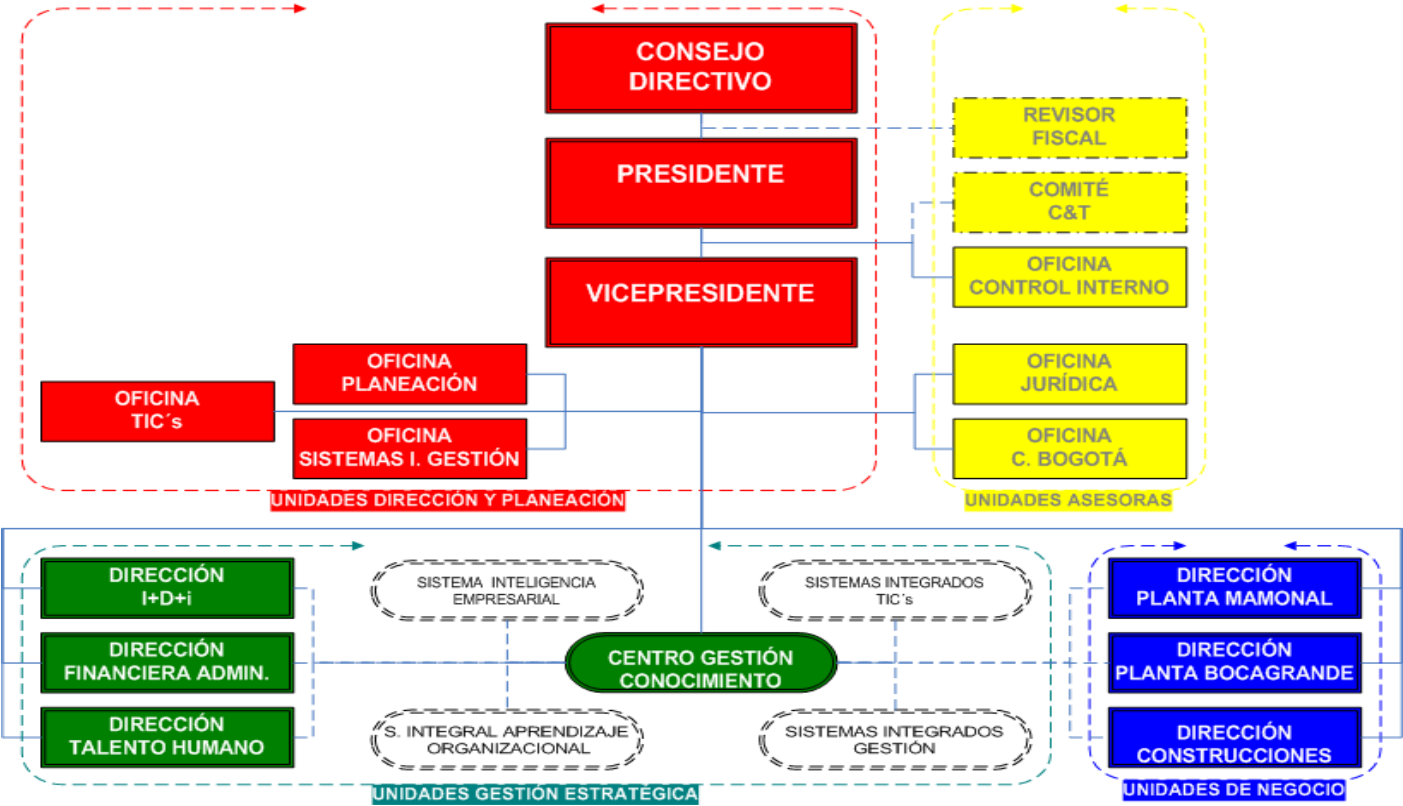
❖ División pintura y recubrimiento

❖ División materiales compuestos.

La ***Dirección Construcciones*** está ubicada en el kilómetro 9 de la zona industrial de Mamonal, hace parte de la planta Mamonal donde maneja su propia estructura orgánica y donde cuenta con un personal altamente calificado para trabajar bajo reglas de las Sociedades Clasificadoras

En la figura 6 se mostrara de manera detallada la estructura organizacional de Cotecmar.

Figura 2: estructura orgánica COTECMAR



Fuente: Pagina principal COTECMAR.

Con la estructura orgánica se quiere dar a conocer el funcionamiento estratégico como tal de la corporación, dando importancia a todas las unidades que la representan, pero centrándose más en las unidades de negocio , especialmente la dirección Planta Mamonal ya que es esta la que desarrolla con mayor capacidad todos los productos y servicios que ofrece COTECMAR

La dirección planta mamonal cuenta con su respectivo sistema organizacional interno, en el cual está conformado por el departamento de recursos humanos, el departamento administrativo y el departamento de producción, este último desempeña las labores más influyentes para los ingresos de la empresa. Como tal el departamento de producción está conformado por cinco divisiones donde cada uno representa un porcentaje significativo de ese 100% en los niveles de producción.

Todas las divisiones son importantes para la ejecución de los servicios que ofrece Cotecmar, pero en la parte operativa son tres divisiones las que realizan constantemente las labores más trascendentes en los servicios ofrecidos, en donde estas divisiones aportan un 80% de ese 100% en los niveles operativos. Ya que cada vez que a Cotecmar Planta Mamonal, entra un proyecto (buque) los servicios que más se solicitan por cada uno de los clientes hacen partes de las tres divisiones mencionadas a continuación.

- División de mecánica
- División soldadura y paileria
- División pintura y recubrimiento.

El direccionamiento del presente trabajo se enfoca principalmente en la división de pintura y recubrimiento, ya que en esta división se encuentran una serie de problemáticas en el momento de desarrollar sus procesos.

4.2 CADENA DE VALOR

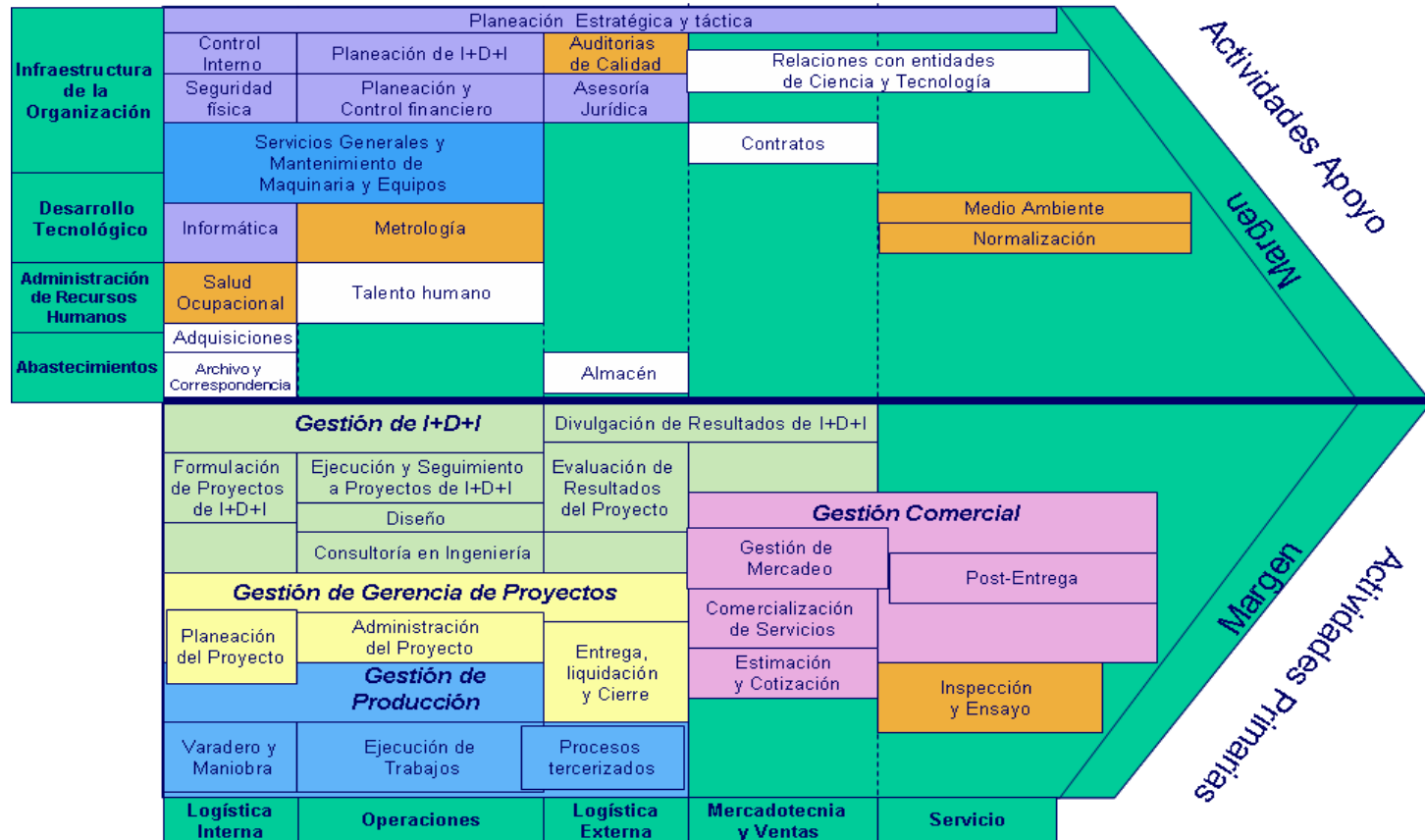
La cadena de valor es esencialmente una forma de análisis de la actividad empresarial mediante la cual se descompone una empresa en sus partes constitutivas, buscando identificar fuentes de ventaja competitiva en aquellas actividades generadoras de valor.

Esa ventaja competitiva se logra cuando la empresa desarrolla e integra las actividades de su cadena de valor de forma menos costosa y mejor diferenciada que sus rivales. Por consiguiente, la cadena de valor de una empresa está conformada por todas sus actividades generadoras de valor agregado y por los márgenes que éstas aportan.

La cadena de valor de COTECMAR es considerada genérica y está constituida por tres elementos básicos:

- **Las Actividades Primarias**, que son aquellas que tienen que ver con el desarrollo del producto, su producción, las de logística y comercialización y los servicios de postventa.
- **Las Actividades de Soporte** a las actividades primarias, como son las de administración de los recursos humanos, las de compras de bienes y servicios, las de desarrollo tecnológico (telecomunicaciones, automatización, desarrollo de procesos e ingeniería, investigación), las de infraestructura empresarial (finanzas, contabilidad, gerencia de la calidad, relaciones públicas, asesoría legal, gerencia general).
- **El Margen**, que es la diferencia entre el valor total y los costos totales incurridos por la empresa para desempeñar las actividades generadoras de valor.

Figura 3: Cadena de valor COTECMAR 2007-2020



Fuente: Plan estratégico COTECMAR 2007-2011, pág: 34

5. GENERALIDADES DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS DE COTECMAR

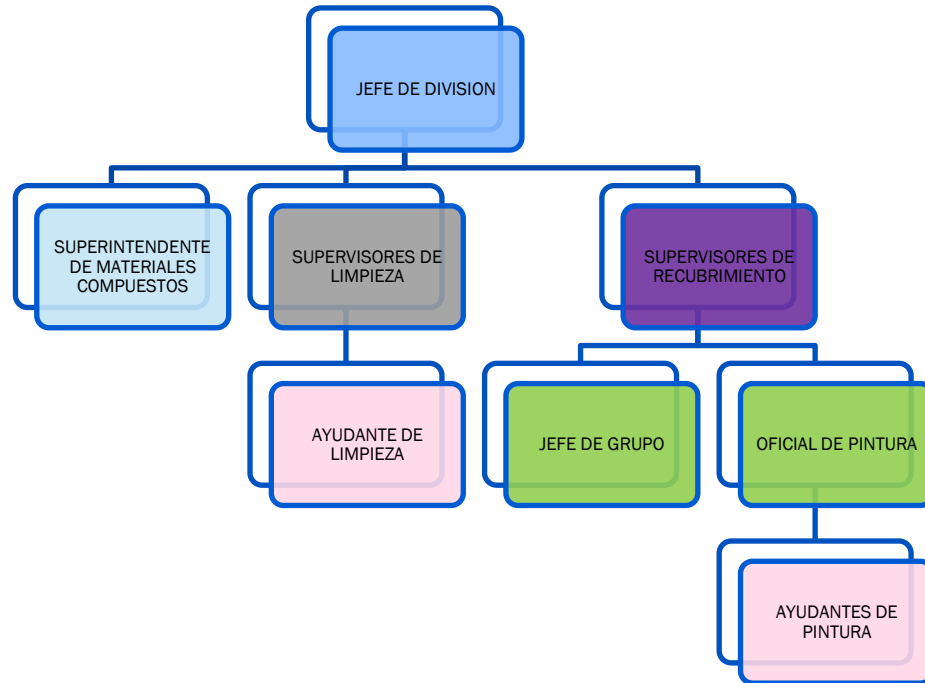
La División de pinturas de COTECMAR Planta Mamonal, es un ente conformado por un grupo de personas (Jefe de División, Supervisores, Superintendente, Oficiales, ayudantes entre otros) que se caracteriza por su sinergia y liderazgo, cuya finalidad es velar por el cumplimiento de las necesidades de los clientes y la calidad de los procesos que dicha división realiza tales como: Preparación de Superficie, Aplicación de Recubrimientos, Aislamientos térmicos y Servicios generales.

5.1 ESTRUCTURA ORGANICA

La empresa COTECMAR de manera general se encuentra muy bien ramificada y en su área de producción ésta se subdivide en divisiones.

En el caso particular de este estudio, se presenta la estructura organizacional de la división de pinturas, donde esta presenta una estructura lineal vertical, basada en la autoridad directa del jefe sobre los subordinados y caracterizada por líneas de mando angosta y muchos niveles jerárquicos que representan la comunicación de responsabilidad y autoridad. En este tipo de estructuras cada puesto subordinado a otros se representa por cuadros en un nivel inferior, de cada cuadro del segundo nivel se derivan líneas que indican la comunicación de autoridad y responsabilidad a los puestos que dependen de él y así sucesivamente.

Figura 4: Estructura organizacional división pintura



Fuente propia.

La división de pintura, está conformada organizacionalmente por:

✓ **Funciones jefe de la división de pintura y recubrimiento:**

La división de pintura cuenta con 1 jefe de división.

- Control del personal y distribución de los recursos.
- Trabajar en los proyectos de investigación.
- Atención a contratistas.
- Autorización de trabajos.
- Asignar superintendente y supervisor para la realización de proyectos.
- Retroalimentación constante con el personal (supervisor, operarios, superintendentes).
- Responder por cumplimiento de trabajo a el jefe de producción

- Verificación de tiempo de trabajo.
- Proyectar la división hacia los objetivos estratégicos de la Corporación.
- Asistir a Reuniones de proyectos
- Realización de Instructivos para los proyecto.
- Revisión de indicadores de productividad y reporte de pintura.
- Adquisición de materiales (plan de inversión).

Requisitos para ocupar el cargo:

- Ingeniero químico o Mecánico con manejos de sistema de información (office y project), manejo del idioma ingles y cursos de actualización y/o Diplomado en pintura y recubrimientos.
- Experiencia general de dos años y específica de un año.

✓ **Funciones del Superintendente de la división de pintura**

La división actualmente cuenta con 1 superintendente:

- Vigilar las pruebas de calidad antes de la realización de proyectos.
- Adquisición de materiales y equipos.
- Verificar avances de trabajos.
- Comunicar sobre trabajos mal elaborados.
- Informar al contratista novedades e inconformidades.
- Retroalimentación constante con el jefe de la división.
- Flujo de materiales.
- Coordinar la planeación y ejecución de las actividades de los proyectos con la oficina de CPCP.
- Determinar si existe la necesidad de conseguir personal extra para el proyecto.

- Realizar una carpeta con el registro de cotizaciones, actas, cronogramas, plan de calidad, registro diario de producción, cantidades de obra, actas de reuniones.
- Realizar los indicadores con el fin de llevar un control de los trabajos realizados en cada proyecto.
- Realizar el trámite de las cotizaciones y vigilar el pago de las liquidaciones de los contratistas (trabajos ejecutados o trabajos terminados).
- Verificación del puesto de trabajo. (limpieza).

Requisitos para ocupar el cargo:

- Ingeniero químico o industrial, con cursos técnicos en actualización de pintura y recubrimiento, y manejos de sistema de información (office y project).
- Experiencia general seis meses.

✓ **Funciones de los supervisores de recubrimientos de la división de pintura**

La división actualmente cuenta con 8 supervisores de recubrimiento.

- Verificar avances de trabajos.
- Estar al frente de los trabajos del proyecto el tiempo necesario.
- Dar instrucciones de cómo se debe realizar el trabajo en los diferentes sitios donde se encuentre la problemática
- Comunicar sobre trabajos mal elaborados.
- Adquisición de materiales y equipos.
- Suministrar el instructivo de trabajo a los contratistas.

- Realizar, verificar minuta, y llevar un seguimiento de los trabajos realizados durante el turno y el reporte del personal “planilla diaria”.
- Realizar inspecciones visuales de los trabajos realizado (marcar detalles) y Reportar novedades existentes.
- Verificar el personal.
- Retroalimentar con el jefe de división.
- Planear trabajos a realizar.
- Informar al contratista de novedades e inconformidades.
- Verificar que el área de trabajo quede liberada.
- Gestionar el uso de equipos rodantes. CPCP.
- Llenar formato de listado de material crítico.
- Diligenciar diariamente la planilla de producción.
- Requerimientos de materiales.
- Estimar tiempos con CPCP para realizar los trabajos en el menor tiempo posible.
- Reportar novedades en el día de trabajo.
- Actuar de forma rápida para no incurrir en tiempos muertos.
- Relacionarse de forma directa con el contratista (Buen ambiente laboral).
- Inspecciones visuales de los trabajos realizados (división, contratistas internos y externos).
- Velar por la integridad física del personal.

Requisitos para ocupar el cargo:

- Tecnólogo industrial.
- inspector de recubrimiento certificado
- Experiencia general tres años y específica de dos años.

✓ **Funciones de los supervisores de limpieza de la división de pintura**

Actualmente la división de pintura cuenta con 2 supervisores de limpieza:

- Controlar tareas de control sobre los procesos de limpieza
- Control de la disposición de los materiales residuales de los procesos que se realizan en la División de Pinturas.
- Llevar registros de cantidad de materiales desechados.
- Dirigir los contratistas de limpieza.

Requisitos para ocupar el cargo:

- Tecnólogo industrial.
- Experiencia 1 año de experiencia en actividades similares.

✓ **Funciones del jefe de grupo en la división de pintura**

Actualmente en la división de pintura existe 1 jefe de grupo:

- Apoyo para realizar las tareas del supervisor de recubrimiento
- Retroalimentación constante con el supervisor de recubrimiento
- Dirige tareas de sandblasting y pintura.
- Apoyo en la inspección del cumplimiento de las normas de la preparación de la superficie.
- Reportar novedades al supervisor de recubrimiento de los trabajos del día
- Comunicar sobre trabajos mal elaborados.

Requisitos para ocupar el cargo:

- Técnico en aplicación de recubrimiento

- Aptitudes de liderazgo
- experiencia de 2 años.

✓ **Función de los oficiales de pintura**

Actualmente la división de pintura cuenta con 7 oficiales:

- realizan todos los trabajos de sandblasting y pintura

Requisitos para ocupar el cargo:

- Técnico en aplicación de recubrimiento
- Experiencia de por lo menos 2 años.

✓ **Funciones de los ayudantes de limpieza y pintura de la división de pintura**

La división de pintura actualmente cuenta con 13 ayudantes de pintura y 2 ayudantes de limpieza.

- Prestar apoyo a el desarrollo de labores

Requisito para ocupar el cargo:

- Tener la educación básica secundaria

Actualmente en COTECMAR planta Mamonal en la sección de reparaciones los organigramas de cada división que compone producción se están manejando de esta forma, pero para finales del año 2012 se implementara la nueva reestructuración en cada una de estas.

5.1.1 PERSONAL DIVISION DE PINTURAS

La empresa COTECMAR cuenta con un personal mixto que se divide en dos clases que son, las personas contratadas por la misma empresa (empleados de nómina) y aquellos que son vinculados por organizaciones externas como bolsas de empleo.

Tabla 1: Personal división pinturas

CANTIDAD PERSONAL DIVISIÓN DE PINTURAS		
CARGOS	CANTIDAD	NOMINA
JEFE DE LA DIVISIÓN	1	1
SUPERINTENDENTE DE PINTURAS	1	0
SUPERVISOR DE RECUBRIMIENTOS	8	3
SUPERVISOR-LIMPIEZA	2	0
JEFE DE GRUPO	1	0
OFICIAL	7	0
AYUDANTE DE PINTURA	13	0
AYUDANTE LIMPIEZA	2	0
TOTAL	35	4

Fuente: Documento división pintura, COTECMAR.

La división a su vez también cuenta con el apoyo de empresas contratistas que son las encargadas de realizar los trabajos operativos en las embarcaciones con el apoyo logístico de la división de pinturas de la empresa COTECMAR, los contratistas y sus funciones se describen a continuación

Los contratistas que apoyan el proceso de **sandblasting y pintura** son:

- ➡ Industrias Smith
- ➡ Indupintura
- ➡ Logistic group

Los contratistas que realizan los trabajos del proceso de **servicio de succión** son

- ➡ Arco s.a
- ➡ Pelicano s.a

Contratistas que apoyan de manera satisfactoria los procesos de **piqueteo y rutina mecánica** son:

- ➡ Tecno- industriales
- ➡ Sandblasting técnica
- ➡ Los magníficos
- ➡ Rutimar
- ➡ Manlinav
- ➡ Ingefibras
- ➡ Gorgonia y Gorgonia

Los contratistas que desarrollan los trabajos de **achique y limpieza** son

- ➡ Manlinav
- ➡ Ingefibras
- ➡ Los magníficos
- ➡ Gorgonia y gorgonia
- ➡ Sandblasting técnica
- ➡ Rutimar

5.2 SERVICIOS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS

Los servicios que desarrolla la división de pintura son:

- Lavado y achique de tanques y sentinas.
- Preparación de superficie a través de los procesos de sandblasting y gritblasting (es el mismo sandblasting pero con granalla) bajo las normas internacionales NACE y SSPC.
- Preparación de superficie a través de procesos manuales y mecánicos bajo las normas internacionales NACE y SSPC.
- Aplicación de pintura con equipos airless bajo las normas internacionales NACE y SSPC.
- Aplicación y remoción de pisos antideslizante

5.3 MAQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS

Las maquinas y herramientas que utiliza la división de pintura para realizar sus procesos son:

Tabla 2: Maquinas y herramientas de la división de pinturas

MAQUINAS	HERRAMIENTAS
<ul style="list-style-type: none">• Hidrolavadora.• Compresores de aire• Tolvas• Equipo de pintura airless (sin aire).	<ul style="list-style-type: none">• Cepillo metálico• Papel de lija• Espátulas• piquetas.• Pulidoras• Piquetas mecánicas• Brochas• Rodillos• Pistola• Agitadores neumáticos• Escareadores

	<ul style="list-style-type: none">• Caretas de sandblasting.
--	--

En este capítulo se mostro la evolución que ha tenido Cotecmar durante los 11 años de existencia, manifestando el gran crecimiento que ha tenido con cada una de sus unidades que la conforman. COTECMAR es una empresa que se ha consolidado a lo largo de los años en la industria naval, por el cumplimiento de cada una de sus actividades estratégicas que la han ayudado a tener un orden y un control para el cumplimiento de sus retos corporativos, por lo cual en el 2020 Cotecmar será una empresa con un sistema de inteligencia empresarial que le permitan anticipar a los cambios del entorno, alcanzara estándares logísticos internacionales reconocidos, y por ultimo tendrá una mayor agregación de valor, todo esto con el fin de alcanzar los objetivos y sobre todo garantizar el logro de los grandes propósitos corporativos, claramente con la ayuda de todas las unidades que la conforman especialmente con la ayuda conjunta de las unidades de negocio principalmente con la participación de cada una de las divisiones que conforma el departamento de producción, ya que son estas las que hacen que ese valor agregado que se ofrece y se quiere ofrecer sea tan exitoso para el crecimiento de esta.

5.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS

Todos los materiales que se conocen en la actualidad por muy modernos que estos sean, están condenados al deterioro, solo que en algunos materiales como el acero y el concreto dicho deterioro se ve más marcado en un mismo horizonte de tiempo si lo comparamos con materiales como el vidrio y el plástico.

El deterioro del que se habla, en el caso de los metales se conoce específicamente como corrosión y es un fenómeno degenerativo que finaliza con la disolución total del material en otros compuestos conocidos como óxidos.

La corrosión es un fenómeno que impacta grandemente a la economía de un país, los últimos estudios llevados a cabo sobre el impacto económico de la corrosión muestran resultados alarmantes. El costo debido a fallas por corrosión por un año en USA es mayor que los daños combinados anuales debidos a desastres naturales, y es del orden de 30.000 millones de dólares por año. Se estima que en un país industrializado el 5% de su ingreso se gasta en la prevención de corrosión, mantenimiento o reemplazo de partes o componentes. En una industria química grande, el mantenimiento por corrosión es del orden de 1 millón al año. Aunque la corrosión es inevitable, se puede reducir el costo asociado mediante prevención, mantenimiento, selección de materiales adecuados⁷.

Debido a los costos asociados al fenómeno de la corrosión, actualmente existen diferentes medios para frenar el deterioro, dentro de los cuales se destaca la aplicación de pinturas anticorrosivas, ya que es un proceso eficiente, económico y rápido, además de que como se está hablando de pinturas que son de estado líquido, se adhieren a la superficie copiando su forma.

De manera general en la protección de superficies metálicas a través de recubrimientos se tienen cinco procesos principales que son la preparación de la superficie y dos procesos para la aplicación de recubrimiento, estos procesos engloban todos los subprocesos que ayudan a lograr dicha tarea, dichos procesos son mundialmente aceptados y se rigen por normas internacionales para garantizar que la calidad con la que se realiza la tarea sea la misma calidad en cualquier parte del mundo

⁷ MECANICA AVANZADA DE MATERIALES, Dr. Luis A. Godoy, 2006

5.4.1 PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

La preparación superficial es el conjunto de operaciones previas que se realizan sobre los sustratos, con el objeto de mejorar las propiedades de mojado y adhesión del adhesivo sobre los materiales o sustratos a unir.

La preparación superficial o preparación de las superficies es uno de los pasos o procesos más importantes a la hora de realizar una unión adhesiva, de nada servirá los esfuerzos invertidos durante las fases de diseño, selección y validación del adhesivo sino se realiza una preparación superficial acorde con el adhesivo y el sustrato a unir.

Existen diferentes métodos, procesos o técnicas de preparación de superficies, la elección de una u otra técnica depende de:

- El tipo de material que está compuesto el sustrato (metal, cerámico, vidrio o plástico)
- El tipo de adhesivo a utilizar para unir los sustratos.
- Las condiciones que se encuentran las superficies de los sustratos, tales como superficies con aceites y grasas, superficies oxidadas, superficies con polvo.

El proceso de preparación de superficie en materiales como el metal (material utilizado para embarcaciones), es de suma importancia porque este es el primer proceso que se tiene para preparar el metal para la aplicación de una variedad de revestimientos diferentes que varían de aspersion de polvo y aspersion térmica hasta pinturas, la preparación de superficie es esencial para el acabado, porque el rendimiento del revestimiento final depende mucho de que tan bien se preparo la superficie. En este proceso la superficie usa generalmente un abrasivo como el oxido de aluminio, que se chorreo mediante un sistema de granallado a presión húmedo o seco, finalizando es importante saber que este proceso elimina los

contaminantes y sustancias no deseadas de la superficie del metal para producir una superficie limpia que mejora la adhesión para el revestimiento final.

Las aplicaciones de las preparaciones de superficies en metales tienen las siguientes aplicaciones:

- Eliminación de aceite y suciedad
- Eliminación de cascarilla
- Eliminación de oxido
- Eliminación de pintura
- Alisado de superficies
- Nivelación de puntos altos
- Limpieza de barcos
- Revisión del motor de una motonave
- Preparación de tuberías para revestimiento
- Eliminación de revestimientos duros
- Perfiles
- Limpieza de infraestructuras grandes para la pintura⁸

Para Cotecmar la importancia de desarrollar bien la preparación de la superficie surge de la necesidad de garantizar la protección de las embarcaciones frente a la exposición de éstas a ataques por parte del agua salada del mar y las incrustaciones marinas animales y vegetales, debido a que estas traen como consecuencia impactos negativos como lo son la corrosión y pérdida de velocidad por fricción lo que causa aumento en el consumo de combustible y deterioro estructural del barco. Para asegurarse de atenuar estas consecuencias se debe aplicar un recubrimiento que sea capaz de combatirlas y es por esto que se debe

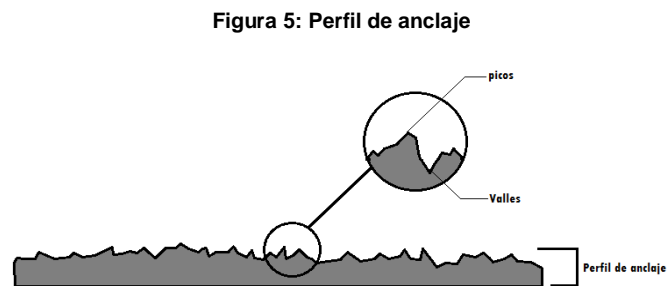
⁸ www.washingtonmills.com, 2012, Estados Unidos.

llevar a cabo una muy buena preparación de superficie, librándola de contaminación, sales y corrosión.

Una inadecuada preparación de la superficie puede ocasionar fallas en la pintura a corto plazo y es por esto que los fabricantes de las pinturas especifican para cada tipo de pintura los procedimientos estándar para la preparación de la superficie los cuales se miden a través dos parámetros el perfil de anclaje y el grado de limpieza, que son los que en términos generales van a ser la garantía de que el recubrimiento aplicado pueda desempeñarse con todas sus propiedades de manera optima.

5.4.1.1 PERFIL DE ANCLAJE

Se define como la diferencia de alturas que existe entre los picos y los valles que presenta la superficie del metal desnudo



Fuente propia.

Las pinturas requieren de perfiles específicos para asegurar la adhesión y la protección del sustrato. El perfil de anclaje de la superficie es un método o mecánico de adherencia mecánica uniforme entre el revestimiento y la superficie.

Los perfiles se expresan en milímetros, mils o micrones:

1 mil= 1/1000 pulgadas

25 micrones = 1 mil

25,4 milímetros = 1 pulgada

39 mils= 1 milímetro

5.4.1.2 GRADOS DE LIMPIEZA

Cuando se fabrica el acero como producto de los procesos de fundición y forjado del metal, la superficie de este se puede decir que se encuentra 100% libre de suciedad, oxido y contaminación, al entrar en contacto con el aire la superficie del acero nuevo reacciona formando una capa de oxido superficial llamado calamina, que su función es proteger la superficie del acero de la corrosión.

Esta capa de calamina y cualquier otro tipo de contaminante de la superficie del acero no permiten que haya contacto entre el acero desnudo y la película de recubrimiento reduciendo la acción de la pintura y sus propiedades anticorrosivas.

Debido a lo anterior existen diferentes grados en que se trata la superficie para limpiarla de cualquier contaminante que van a depender de la cantidad y calidad del trabajo que se haga, además de que los costos asociados a una limpieza van directamente relacionados con un mayor grado de preparación.

Los grados de preparación de superficies se determinan por varias entidades que a nivel mundial establecen los estándares de aceptación, dentro de las cuales se

tiene a la SSPC (The Society for Protective Coatings) los cuales establecieron cuatro grados de limpieza en el Sandblasting, que van desde eliminar la totalidad de los contaminantes de la superficie hasta eliminar solo los materiales mal adheridos.

La asociación nacional de ingenieros de la corrosión NACE y el instituto de estándares sueco (SIS), son instituciones que también brindan normas para establecer los grados de limpieza.

Tabla 3: Grado de limpieza

GRADO DE LIMPIEZA	SSPC	NACE	SIS
Metal blanco	SSPC -SP5	NACE N°1	SA-3
Metal casi blanco	SSPC-SP10	NACE N°2	SA-2.5
Comercial	SSPC-SP6	NACE N°3	SA-2
Cepillado (Brush off)	SSPC-SP7	NACE N°4	SA-1

Fuente propia.

- **BLASTING A METAL BLANCO (SSPC-SP5, SA-3):** Busca eliminar totalmente partículas extrañas, recubrimientos, herrumbres y calamina presentes en la superficie de tal forma que esta se pueda apreciar libre de toda contaminación, de un color gris blanco uniforme y metálico y sutilmente rugosa para formar un perfil adecuado que facilite el anclaje de los revestimientos. Este grado de limpieza se recomienda para cuando se va a aplicar recubrimientos costosos a superficies que estarán expuestas a condiciones ambientales altamente rigurosas.
- **BLASTING A METAL CASI BLANCO (SSPC-SP10, SA-2.5):** Consiste en un Blasting donde el 95% de la superficie deberá estar libre de residuos a

simple vista. El 5 % restante podrá mostrar sombras donde antes existió pinturas, oxido, suciedad y cualquier otro material extraño. En este grado de limpieza están permitidas pequeñas decoloraciones y sombras en la lámina provenientes de restos de pinturas, además es recomendado cuando se va a hacer uso de recubrimientos de larga duración que estarán expuestos a arduas jornadas de trabajo pesado.

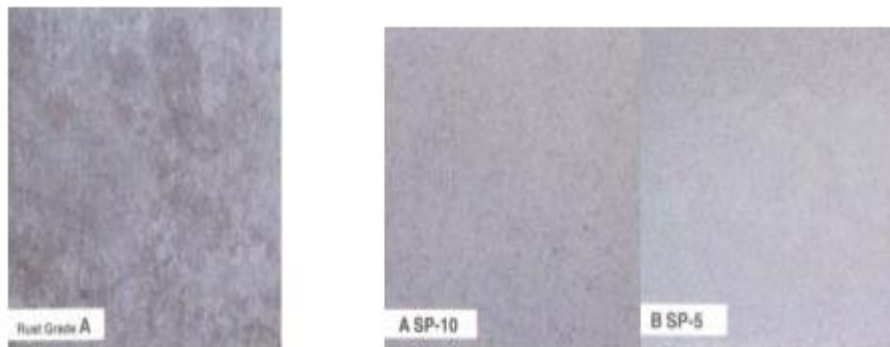
- **BLASTING COMERCIAL (SSPC-SP6, SA-2):** Blasting hasta alcanzar que al menos dos tercios de la superficie queden libres de contaminación, pinturas y restos de corrosión. Para el porcentaje restante solo será aceptable la presencia de manchas muy suaves y decoloraciones provenientes de restos de pintura antigua bien adherida que no afecta al buen funcionamiento del nuevo revestimiento. Este grado de limpieza es recomendado para el uso de recubrimientos de tipo común.
- **BLASTING CEPILLADO O BRUSH OFF (SSPC-SP7, SA-1):** Este blasting es capaz de eliminar de la superficie toda clase de restos de polvo, grasas, aceites, óxidos sueltos y capas de pinturas desprendidas, sin embargo conservara rastros de pintura fuertemente adherida y se podrá observar oxido y escamilla. Al llevar a cabo este procedimiento se debe tener en cuenta que el nuevo recubrimiento a aplicar tiene que ser compatible con el anterior de lo contrario el nuevo revestimiento podría fallar a corto plazo y se presentara el desprendimiento de la capas. Se recomienda este tipo de preparación para superficies que no van a estar expuestas a condiciones severas de trabajo y por lo tanto no exigen recubrimientos de larga duración.

5.4.1.3 GRADOS DE CORROSIÓN

Según la norma SSPC están definidos cuatro grados de corrosión en donde puede clasificarse la lámina de acero según el estado en el que se encuentra y teniendo en cuenta dicho estado así va a ser el resultado obtenido después de realizar la preparación de la superficie.

- **GRADO A:** Superficie de acero prácticamente intacta y con un porcentaje de corrosión casi nulo. Representa una superficie de acero recientemente laminada.

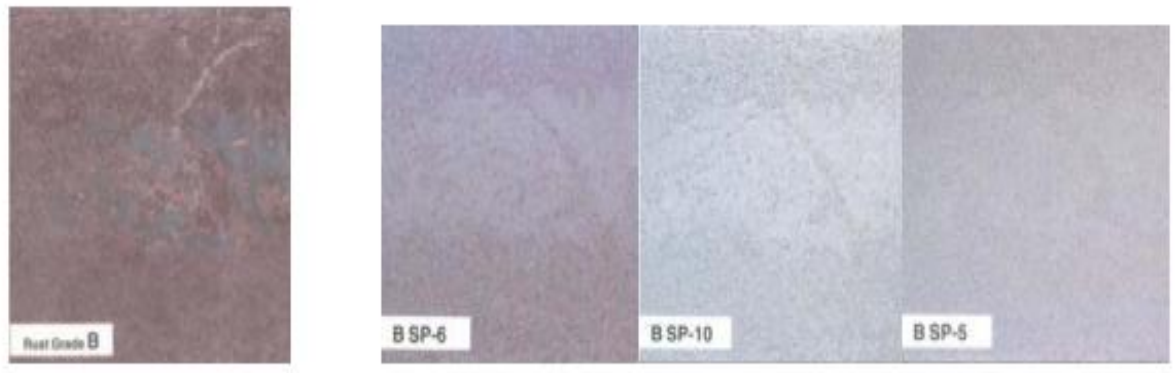
Imagen 1: Corrosión grado A



Fuente: Carta Visual SSPC – VIS 1

- **GRADO B:** Superficie de acero con inicios de corrosión y donde la capa de laminación empieza a desprenderse.

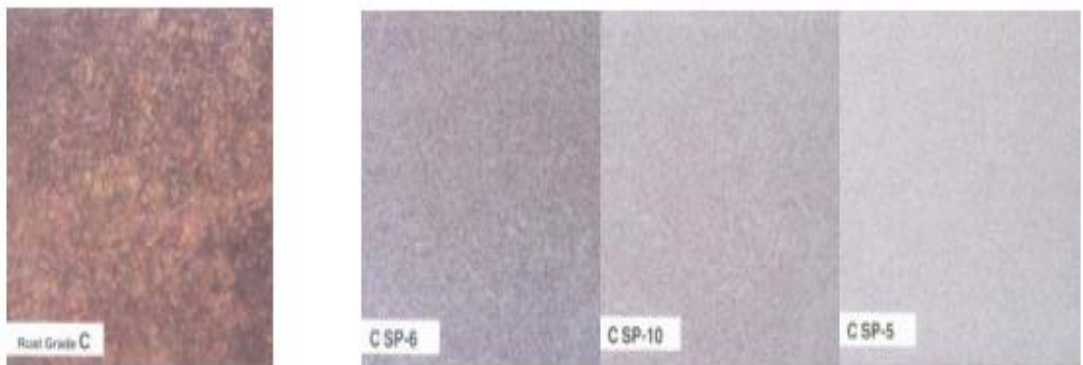
Imagen 2: Corrosión grado B



Fuente: Carta Visual SSPC – VIS 1

GRADO C: Superficie de acero donde la capa de laminación fue eliminada por la corrosión o aún está presente pero necesita ser removida por limpieza mecánica o con abrasivo. En este grado de corrosión todavía no se aprecian cavidades muy visibles en la superficie

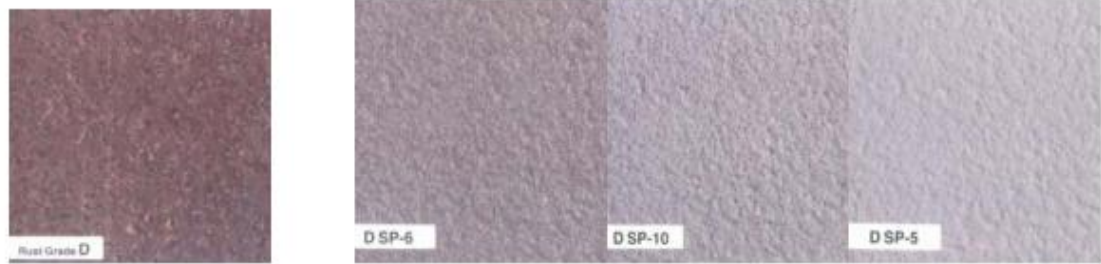
Imagen 3: Corrosión grado C



Fuente: Carta Visual SSPC – VIS 1

- **GRADO D:** Superficie de acero donde la capa de laminación ha sido totalmente eliminada por efecto de la corrosión y en donde aparecen gran escala cavidades en la superficie.

Imagen 4: Corrosión grado D



Fuente: Carta Visual SSPC – VIS 1

5.4.2 PROCESO DE RASQUETEO

Es una operación que se utiliza para determinar aquellas superficies planas o curvas en las que se requiere la mayor precisión posible, puede realizarse tanto a mano como a máquina. El rasqueteado se utiliza mucho cuando es necesario adaptar dos piezas cuya superficie debe deslizarse o girar una sobre otra e interesa que su contacto sea perfecto a fin de que disminuya el rozamiento.

El rasqueteado plana es un método de acabado superficial que se realiza por extracción de virutas finas y ha de llevarse a cabo sobre superficies que hayan sido ya mecanizadas previamente.

En el proceso de rasqueteo es importante manejar adecuadamente los tipos y las verificaciones a desarrollar, ya que antes de proceder a rasquetear es preciso haber conseguido en el mecanizado superficies tan finas como sea posible.

Se realiza un rasqueteo previo con una dirección de 45° con respecto a la base de la pieza debiendo modificarse la dirección de trabajo con frecuencia con 90° ya que así es más fácil reconocer los defectos de planitud. Para verificar la planitud se entinta la superficie rasquetada impregnándola de azul de Prusia y se pone esa superficie en contacto con una mesa de planitud imprimiéndole un movimiento circular, al separarlas se observa en la superficie que se está rasqueteando un dibujo formado por manchas claras y oscuras. Las zonas de relieve son las que tendrán manchas oscuras y son las que deben seguir trabajándose con la rasqueta. Esta prueba se realiza para conseguir la mayor uniformidad posible en la zona a trabajar.⁹

El proceso de rasqueteo en Cotecmar es el proceso inicial dentro del proceso general de la preparación de la superficie exterior del casco, más específicamente en el área conocida como la obra viva que es la que se encuentra sumergida en el mar y posee incrustaciones marinas.

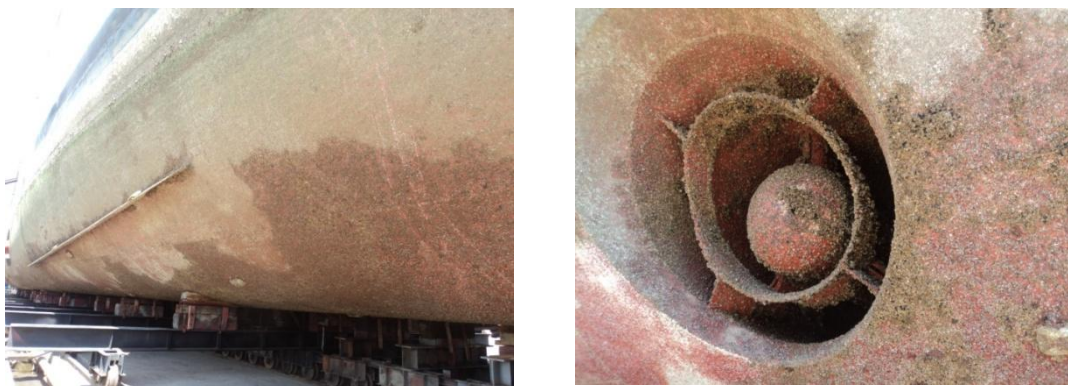
Este proceso consiste básicamente en retirar manualmente todos los residuos marinos que trae el casco a través de un implemento llamado rasqueta que en esencia es una espátula metálica con una extensión para poder alcanzar largas distancias.

El residuo a eliminar es denominado de manera general como caracolejo, y este se compone de vegetación y de animales que se incrustan en el recubrimiento generando resistencia al desplazamiento trayendo como consecuencia un mayor consume de combustible y menor velocidad de desplazamiento.

A continuación se observa la forma como llega un buque después de ser subido a una cuna y transportado al astillero.

⁹ METROLOGÍA: introducción, conceptos e instrumentos, autor: María Moro Piñeiro, 2000, pag:55.

Imagen 5: Proceso de rasqueteo en el momento de llegada de la M/N



Fuente propia

Imagen 6: Eliminación de residuos de la M/N en el proceso de rasqueteo



Fuente propia.

5.4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RASQUETE EN COTECMAR

El objetivo del proceso de rasqueteo es el de limpiar la obra viva del casco removiendo todas las incrustaciones marinas a través de equipo manual como las rasquetas. Ese proceso se inicia con la recepción de un buque con cierto

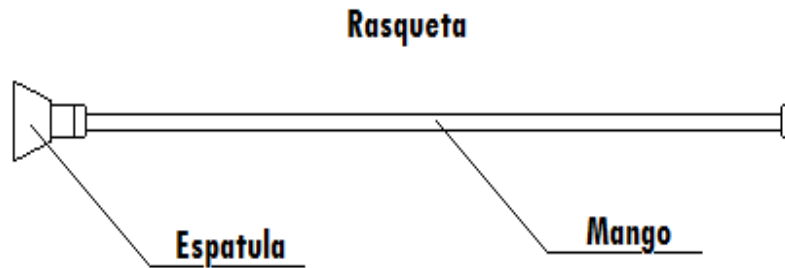
porcentaje de incrustaciones y termina con un buque libre casi por completo de todo rastro que haya dejado el mar.

- El proceso de rasqueteo inicia cuando el buque es subido al dique, se le toman varias fotografías para tener un registro, inmediatamente se realiza un reporte de inspección inicial por parte del Jefe de la División y el supervisor y se plasma en un formato en donde se realiza un diagnóstico y unas recomendaciones así como las aéreas del buque y la cantidad de trabajo a realizar.
- Se preparan todos los elementos de trabajo incluyendo los elementos de seguridad (Gafas, Guantes, Casco, Tapa boca) y se procede a la realización del trabajo bajo supervisión, luego se realiza una inspección de conformidad con el trabajo realizado.
- Finalmente se limpia el lugar de trabajo apilando los restos de caracolejo que yace en el suelo para después ser retirados.

5.4.2.2 EQUIPOS

Para la realización de este proceso se dispone la herramienta llamada rasqueta, además de los elementos de seguridad, como guantes, gafas protectoras, casco de seguridad y mascarilla.

Imagen 7: Rasqueta



Fuente propia.

5.4.3 PROCESO DE LAVADO A PRESIÓN

El lavado por chorro a alta presión es el método más eficaz de limpiar termointercambiadores, calderas, superficies de tubos dedicados al trasvase de flujos de óxido nítrico y cámaras revestidas de ladrillo. Así mismo, es muy rentable, desde el punto de vista de los costes, limpiar las instalaciones rápidamente a pie de obra, reduciendo así al mínimo la perturbación.

Este proceso es importante para el desprendimiento de depósitos, incrustaciones y residuos en los materiales a trabajar.

Este tipo de limpieza ofrece una gran versatilidad ya que cuenta con diferentes variantes:

- Presión de operación (0 a 35,000 PSI)
- Diámetro de mangueras y sondas (1/8", a 4")

Con esto se consigue una gran variedad de soluciones para las diferentes necesidades de limpieza que se puede sugerir¹⁰.

En Cotecmar es aplicado positivamente ya que es un proceso de limpieza superficial para el acero en las embarcaciones que llegan del mar donde además

¹⁰ IQUIMSA, ingeniería química y mantenimiento, S.A de C.V.

de las incrustaciones marinas estas presentan una alta concentración de sales marinas adheridas al casco, que ayudado del desgaste natural del recubrimiento facilitan la tarea de la corrosión, es por esto que dentro de la preparación de la superficie después del rasqueteo se procede a realizar un lavado con un chorro de agua a alta presión (3200 psi) que lo que busca en esencia es librar al casco del buque de cualquier residuo de sales solubles y otros contaminantes marinos con los que llegan los barcos al astillero.

Se dice que el 90% del éxito de la aplicación del recubrimiento depende de la preparación de la superficie y es por esto que todos los procesos que se realizan previos a la aplicación del recubrimiento se realicen tomando en cuenta las medidas necesarias para garantizar que el recubrimiento va a encontrar una superficie limpia donde aferrarse.

Imagen 8: Proceso de lavado a presión



Fuente propia.

5.4.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LAVADO A PRESIÓN EN COTECMAR

El proceso de lavado inicia cuando se le ha realizado al buque el proceso de rasqueteo y se encuentra limpia de todo tipo de incrustaciones marinas, el objetivo de este procedimiento es que a través del agua y de la presión a la que es emitida se arrastre toda la salinidad depositada en el casco por el agua de mar, esta operación se realiza en la totalidad del casco y no en porcentajes y cuando se realiza lavado en los tanques de la embarcación, se debe retirar el tapón para desalojar el agua, o en su defecto se le realiza un agujero en el tanque.

- El proceso comienza con una verificación del área, si se va a realizar el trabajo en tanques, verificar si existen tapones para desagüe.
- Se transportan las máquinas de lavado, se preparan los equipos rodantes y todo el equipo de seguridad necesario.
- Se realizan todas las conexiones necesarias (mangueras, agua y electricidad) y se realiza una inspección de los equipos por parte de un supervisor.
- Con el aval del supervisor se pone en marcha la máquina, se revisa que la presión sea la necesaria y se procede al lavado teniendo en cuenta todas las medidas necesarias para realizar el trabajo con seguridad.
- Al finalizar la operación se procede a realizar una prueba de sales para comprobar que el lavado ha retirado la cantidad necesaria de sales de la superficie.

5.4.4.1 EQUIPOS

Para la realización del lavado a presión se necesita fundamentalmente una hidrolavadora con una capacidad de presión mínima de 3200 psi, además de todos los implementos necesarios para la realización de esta tarea, como

mangueras, equipos de seguridad y protección personal, andamios, kit de prueba de sales, etc.

Imagen 9: Maquina de lavado



Fuente propia, equipos COTECMAR.

5.4.4.2 PRUEBA DE SALES

Cada proyecto que maneja Cotecmar, es transcendental realizar las pruebas de sales, ya que las embarcaciones manejan 100% de contacto con la salinidad.

El salitre, los residuos industriales y la contaminación en general en el ambiente pueden llegar a afectar la integridad del recubrimiento, ayudando al electrolito en el proceso de corrosión o fomentando la producción de bolsas en la pintura lo que genera desprendimiento prematuro de la misma.

Cuando las sales depositadas en la superficie del acero crean enlaces no se eliminan fácilmente con los métodos convencionales como la limpieza manual y con solvente, incluso después de retirar toda la pintura y que el metal tenga la apariencia de verse blanco, pero al ser expuesto a condiciones de alta humedad relativa fácilmente se puede manifestar la presencia de oxidación superficial.

Los niveles medidos de contaminación de sales generalmente se miden en unidades de $\mu g/cm^2$ (microgramo por centímetro cuadrado).

Para la toma de muestras en Cotecmar, existen unos procedimientos ya especificados que dan las pautas para realizar una prueba basándose en las normas ISO y nos dan la seguridad que nuestra prueba es confiable.

- **Lavado o frotado:** Se define un área de aproximadamente 15cm x 15cm y se lava con agua destilada en una cantidad de 22,5ml.
- **Recipiente de hule:** Es un recipiente estandarizado el cual se adhiere al casco y por medio de una jeringa se le inyecta agua destilada.

Después de tomar las muestras según los protocolos establecidos, se procede al análisis de esta para determinar su valor. Para esto se hacen uso de diferentes metodologías:

- **Papel indicador:** Este es uno de los métodos más usados y consiste en poner en contacto un papel o cinta al casco limpio del buque y este debido a que está fabricado con materiales especiales ferrocianuro de potasio toman una cierta tonalidad que al ser comparados en una escala nos ayudan a determinar el grado de concentración de las sales.
- **Tubos kitagawa:** Es un tubo de vidrio que contiene un reactivo en su interior que al ponerse en contacto con la muestra este cambia de color y como este tubo tiene una escala, se puede indicar el grado de contaminación de sales en el casco.

Imagen 10: Equipo para prueba de sales



Fuente propia, equipos COTECMAR

5.4.4.3 CHORREADO A ALTA PRESIÓN

El proceso de chorreado de alta presión o blasting de superficies, a través de la utilización de materiales abrasivos (Abrasive blasting), tuvo su inicio hace más de 100 años, cuando en 1870, Tilghman descubrió y patentó el principio de limpieza con chorro de arena.

El "chorro abrasivo" (abrasive blasting) es un proceso que consiste en impulsar partículas de un abrasivo por medio de un equipo de propulsión, utilizando aire comprimido; se utiliza para limpieza y pulido de superficies, en su mayoría metálicas.

La limpieza de superficies a través de un chorro de abrasivo puede considerarse como una verdadera operación de "bombardeo", en la que un sinnúmero de partículas abrasivas son lanzadas a alta velocidad contra el objetivo. Inmediatamente antes del choque, las partículas están dotadas de energía cinética, que varía según su cantidad y dimensiones; con una velocidad constante, a menor radio, mayor es la cantidad de partículas lanzadas y es menor su energía cinética.

Las partículas sufren una violenta desaceleración en el instante del impacto, transformando parte de la energía cinética en calor, parte en energía de deformación o de fractura y parte en trabajo de limpieza, restando también una parte de energía cinética que no es transformada (partículas que rebotan).

La eficiencia de la conversión de energía cinética en trabajo efectivo de limpieza depende de factores relacionados con el ángulo de incidencia del chorro, las características del abrasivo utilizado y al tipo de impureza a retirar. Por ejemplo, cuanto más perpendicular sea el chorro con relación a la superficie de trabajo, será mayor el componente de energía disponible para el rompimiento de impurezas sueltas y así el acabado superficial será más áspero.

Existen tres métodos utilizados para impulsar el abrasivo, como lo son:

- **Fuerza centrífuga:** usan fuerzas inerciales y centrífugas para, mecánicamente, impulsar el abrasivo.
- **Presión de aire:** usan aire comprimido para impulsar el abrasivo hacia la superficie a limpiar.
- **Presión de agua:** usa indistintamente aire comprimido o agua a alta presión (*wet blasting*).

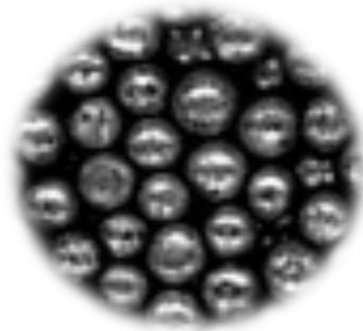
Un abrasivo para blasting debe limpiar con rapidez y eficiencia, tener buena durabilidad, desgastar el mínimo posible los componentes internos del equipo y producir el nivel de acabado deseado, al menor costo posible.

Existen diversos tipos de abrasivos metálicos y no metálicos, muchos de los cuales pueden ser utilizados en una misma aplicación, sin embargo, cada cual presentan propiedades específicas que pueden ser ventajosas o no para cada caso.

Existen diferentes tipos de abrasivos usados para la preparación de la superficie:

- **Granalla esférica:** En términos generales la granalla esférica es el abrasivo más utilizado en la limpieza y preparación de la superficie, consiste en pequeñas esferas metálicas con un tamaño determinado. Este abrasivo debido a su alta densidad posee una gran energía cinética y además de su resistencia a las rupturas le da un alto nivel de reutilización.

Figura 6: Granalla esférica



Fuente: indisaonline, Medellín, 2004

Los abrasivos esféricos se dividen en diferentes tipos:

- Acero fundido
- Hierro fundido
- Hierro maleable

Escoria molida

La escoria molida es otro abrasivo metálico por lo cual en este caso el resultado del proceso metalúrgico industriales es un recurso más económico que la granalla esférica y por su menor resistencia y fácil pulverización, no se presta mucho para su reutilización.

Figura 7: Escoria molida



Fuente: indisaonline, Medellín, junio 2004.

- **Abrasivos minerales**

En algún momento los abrasivos más usados fue la arena, un mineral muy abundante y de fácil extracción, la arena es el mineral más usado en el proceso de sandblasting debido a su contenido de sílice y su mayor descomposición a polvo hace que su uso este limitado por los riesgo de salud ya que puede causar en un largo periodos enfermedades respiratorias graves y mortales y a su vez ocasionar riesgos ambientales que generan.

La arena y los abrasivos minerales son comúnmente usados en situaciones de trabajo pesado en superficies viejas y corroídas, aunque esto no indique que no se pueda usar en acero nuevo, un inconveniente que presenta la arena es que al finalizar el proceso se debe soplar con un chorro de aire para quitar cualquier rastro de arena que se quede incrustado en la superficie.

Otros minerales usados para este fin son el cuarzo y el pedernal que poseen bordes duros y cortantes.¹¹

¹¹ www.indisaonline.com, Medellín, junio del 2004.

El proceso de chorro de alta presión se maneja en COTECMAR cuidadosamente ya que cada proyecto (buque), que sube al dique necesitan aplicarle este proceso, ya sea a través de chorreado de alta presión por agua o por aire, en el que se obtiene un lijado en una superficie determinada.

Dentro de las aplicaciones del blasting se destacan:

- La preparación de la superficie
- Acabado en algunas superficies
- Alivio de tensiones en piezas terminadas

Imagen 11: Proceso de chorreado a presión.



Fuente propia.

En espacios confinados la operación de Sandblasting se lleva a cabo de igual forma que en exteriores pero con una poca visibilidad propia de espacios cerrados y debido al fraccionamiento de las partículas de abrasivo (Arena) al hacer contacto con la superficie y creando una nube de polvo, también se presentan dificultades de acceso y maniobra debido a la geometría del lugar.

En estos espacios se manejan con temperaturas de más de 45°C, lo que corresponde a temperaturas sumamente altas y por consiguiente un gran porcentaje de humedad, que se convierten en un agente atacante para el acero

desnudo causándole oxidación lo que trae como consecuencia la necesidad de reproceso de preparación de superficie. Así las cosas en la corporación el proceso de sandblasting en espacios confinados es de baja eficiencia al incurrir en gastos adicionales de tiempo y materia prima

5.4.4.4 TIPOS DE CHORREADO UTILIZADOS EN COTECMAR

Algunos de los métodos de limpieza abrasiva que utiliza Cotecmar son:

- **Limpieza abrasiva seca**

La limpieza abrasiva seca es un proceso de limpieza superficial que se realiza a través de un chorro de aire con una concentración de partículas abrasivas sobre una superficie eliminando la pintura, rastros de oxidación superficial, calamina, dejando a su vez una superficie preparada con un perfil de anclaje definido para recibir el recubrimiento anticorrosivo.

- **Limpieza abrasiva húmeda**

La limpieza superficial usando materiales articulados secos, además de generar suciedad requiere un trabajo de limpieza más tedioso lo que se traduce en costos y tiempo.

Es por esto que la limpieza abrasiva húmeda tiene como valor agregado realizar no solo la operación de preparar la superficie sino que además, como se usa agua a ultra alta presión limpia la superficie puede encontrarse posibles contaminantes que puedan estar en ella.

- **Water Jetting**

Este es un método de limpieza muy comúnmente utilizado en Cotecmar ya que tipo de chorreado Water Jetting es un proceso muy similar al de Water Blasting, pero en este caso se usa solamente la presión del agua para generar la acción de limpieza y preparación de la superficie.

Según la norma NACE y SSPC se ha determinado que:

- La limpieza realizada a una presión entre 10.000 y 30.000 psi se conoce como chorro de agua presión (HP WJ).
- La limpieza realizada a una presión por encima de 30.000 psi se conoce como chorro de agua a ultra-alta presión (UHP WJ).

De las ventajas de este método se conocen:

- No hay riesgo de chispa, y por ende de explosión
- No produce contaminación por polvo.

5.4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL CHORREADO DE ALTA PRESIÓN EN COTECMAR

Para efectos de este estudio se tomó el proceso de sandblasting como el proceso más representativo frente a las otras opciones de blasting al ser este el proceso más frecuentemente realizado en la división de pinturas de la empresa COTECMAR.

- El proceso de sandblasting se inicia con una superficie ya tratada con un proceso previo de lavado a presión donde se retira la contaminación superficial como las sales.
- Se selecciona la cantidad de bultos de arena teniendo en cuenta el área a la cual se le va a realizar el trabajo y el grado de limpieza que se desea obtener.
- Se preparan los implementos de seguridad requeridos para llevar a cabo la operación y se realiza la inspección de personal y equipo.
- Se realiza el alistamiento de las maquinas que consiste en el transporte de los equipos como tolvas, mangueras, acoples, boquillas, compresores y arena al lugar donde se va realizar el trabajo. También se cubren las partes

donde no se quiere que llegue la arena, cuando la operación se realiza de noche es necesario la instalación de equipos auxiliares que faciliten la visibilidad del operador.

- Realizar las conexiones para la operación de los equipos y verificar que se esté cumpliendo con la presión de aire necesaria.
- Se procede a realizar el sandblasting.
- Se realiza una prueba de rugosidad de la superficie para verificar que el perfil de anclaje sea el requerido.

5.4.4.5.1 EQUIPOS

Para la realización del trabajo de sandblasting, básicamente se necesita del equipo y de la fuente impulsora que sería un compresor de aire.

El equipo para realizar la tarea de sandblasting está compuesto por diferentes accesorios descritos a continuación:

- **TOLVAS**

Las tolvas en esencia son recipientes metálicos que se usan para almacenar el abrasivo utilizado en el proceso de blasting ya sea arena, escoria de cobre o cualquier otro tipo de abrasivo seco. Además de esto también tienen la función de regular la presión de aire que va del compresor de aire a la boquilla, así como la cantidad de mezcla de abrasivo y aire.

Las tolvas funcionan a una presión de aire máxima de 125 psi y tienen una capacidad de 1 m³ de arena.

Imagen 12: Tolvas para chorreado



Fuente propia, equipos COTECMAR

- **COMPRESORES**

Los compresores son los encargados de generar la presión de aire necesario para la operación de los equipos que realizan el trabajo de pintura y blasting, a través de un motor ya sea de combustión interna o energía eléctrica. En funcionamiento generan una presión de 110 psi.

Imagen 13: Compresor de aire



Fuente propia, equipos COTECMAR

- **MANGUERAS Y BOQUILLAS**

Las mangueras cumplen con dos funciones importantes:

- Transportar la arena y el aire a presión y dirigirla hacia la boquilla para realizar el blasting.
- Brindarle aire purificado para que el operado pueda respirar.

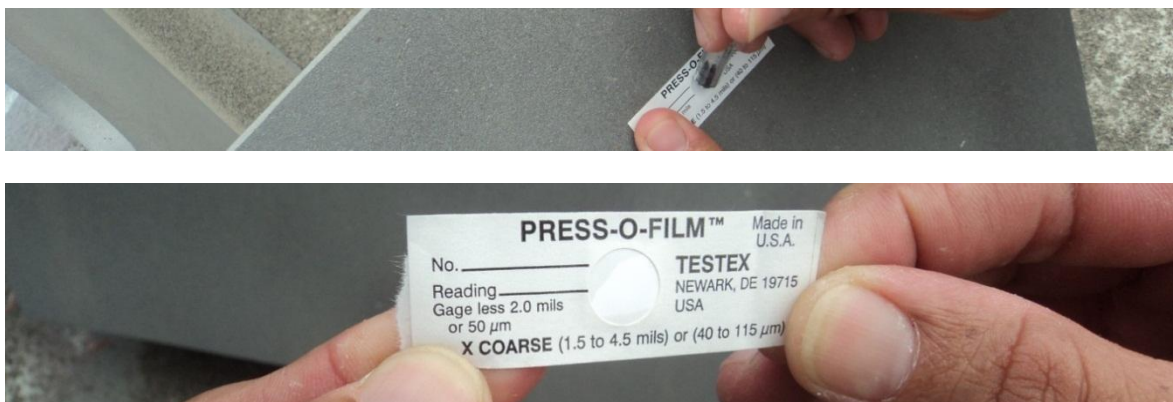
De forma general las mangueras para el proceso de chorreado se fabrican con componentes plásticos como el hule con un refuerzo interno de acero en forma de malla. Para realizar conexiones de manguera a manguera se utilizan acoples metálicos que tienen la función de unir y sellar las mangueras.

5.4.4.5.2 PRUEBAS

Después de realizar la preparación de la superficie a través del chorreado a alta presión, se supone que la superficie queda con una rugosidad o perfil de anclaje definido, es por esto que se realiza una prueba de rugosidad, que consiste en medir la distancia que hay entre los picos y los valles que se presentan en una vista microscópica de la superficie del sustrato metálico.

Para realizar esta prueba, se hace uso de un instrumento llamado rugosímetro y este se apoya de una lámina adherente que se pega a la lámina y copia el perfil de la misma.

Imagen 14: Prueba de Rugosidad





Fuente propia, equipos COTECMAR.

5.4.4.6 LIMPIEZA MANUAL Y MECANICA

Dentro de los grados de preparación y limpieza de la superficie, existen otras variantes que tienen aplicaciones específicas como es el caso de la limpieza manual (SSPC - SP2) y/o mecánica (SSPC – SP3).

Imagen 15: Proceso de limpieza Mecánica



Fuente propia.

Este tipo de limpieza es realizada con una gran variedad de herramientas, dentro de las que se utilizan lijas, espátulas, piquetas y todo tipo de herramientas manuales que sirvan para eliminar contaminantes de la superficie, también se utilizan herramientas mecánicas como pulidoras con discos de grata o carboflap usada más que todo para pulir superficies irregulares como cordones de soldadura

y herramientas neumáticas como las piquetas que funciona a través de aire que son usadas generalmente para eliminar pisos antideslizantes de las cubiertas.

La finalidad de la limpieza manual y/o mecánica a diferencia de la preparación con chorreado a alta presión, no deja un perfil de anclaje y se usa en áreas pequeñas para trabajos sencillos como levantar pintura mal adherida, puntos de oxidación, remoción de pisos antideslizantes, etc.

5.4.4.6.1 EQUIPOS

Para la realización de trabajos de limpieza manual se hacen uso de herramientas como:

- cepillo metálico
- papel de lija
- espátulas
- piquetas.
-

Imagen 16: Equipos de limpieza manual





Fuente propia.

El procedimiento manual tiene como consecuencia que al ser manual, se consume gran cantidad de tiempo y esfuerzo en la operación, lo que incrementa los costos de la operación, ya que existiría un aumento en la mano de obra, aumento en la materia prima y sobre todo un aumento en tiempo ocio.

En el caso de la rutina mecánica se utilizan herramientas eléctricas o neumáticas que hacen que la tarea sea más rápida y eficiente, para la realización de esta tarea se hacen uso de herramientas como:

- Pulidoras
- Piquetas mecánicas

Imagen 17: Herramientas de limpieza Mecánica



Fuente propia.

5.5 APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS

La organización mundial para inspectores de recubrimientos NACE, nos da la siguiente definición:

“Los recubrimientos son materiales, transparentes o pigmentados, formadores de películas que protegen la superficie a la que se aplican los efectos del ambiente¹²”.

Según la anterior definición, los recubrimientos son materiales que poseen unas características especiales y son usados tanto para la protección como para la decoración de los materiales. Existen muchos tipos de recubrimientos, con diferentes tipos de compuestos, para diferentes tipos de aplicación, pero en términos generales poseen unos elementos en común, que son: pigmento, aglutinante o vehículo y solvente.

✓ PIGMENTO

Los pigmentos, son partículas solidas discretas que se usan para conferir un tipo de protección específica o darle cualidades decorativas al recubrimiento. Estos no se disuelven dentro del recubrimiento, sino que siguen siendo partículas solidas dentro del recubrimiento.

Funciones de los pigmentos

- Proporcionar características anticorrosivas
- Disminuir la permeabilidad de la película
- Ocultar la superficie (opacidad)
- Aportar color
- Proteger la película de los efectos de la luz ultravioleta y el clima
- Proporcionar refuerzo mecánico para la película del recubrimiento

¹² Tomado, Manual CIP, Programa de certificación de inspectores de recubrimientos, NACE International, 2007

✓ VEHÍCULO

El nombre dado a un recubrimiento generalmente deriva de su resina principal, ej., epóxico, vinílico, etc. (La única vez en que esto no ocurre es cuando los primarios también usan el nombre de la pigmentación, ej, epóxico rico en zinc, minio de plomo, etc.) Las resinas pueden ser materiales naturales o sintéticos y con mayor frecuencia orgánica (es decir, basadas en el carbono).

La mayoría de las resinas exige la adición de un solvente para ayudar en su aplicación. Para crear una película de recubrimiento protector en un sustrato, las resinas aglutinantes deben convertirse de un estado líquido manejable (que permite la aplicación) a un estado sólido cohesivo que se adhiere y protege la superficie. Es esta habilidad de cambiar de un estado a otro lo que identifica la conveniencia de la resina para ser usada como aglutinante.

✓ CONDICIONES AMBIENTALES

Los recubrimientos al ser aplicados, estos se adhieren a la superficie por efectos de la gravedad, allí comienza un proceso químico denominado en términos generales como secado, que consiste en que el recubrimiento ya deja de ser líquido a ser una capa rígida bien adherida a la superficie donde se aplicó.

El secado se puede dar de dos formas: por evaporación de solventes o por una formación de cadenas poliméricas, de cualquier manera, los recubrimientos al momento de su aplicación y en la fase de curado necesitan de unas condiciones ambientales específicas para que después de la aplicación no se presenten algunos defectos como la falta de adherencia, agrietamiento, etc.

A continuación se describen algunos problemas generados por condiciones del ambiente:

- **La lluvia:** El agua en cualquiera de sus manifestaciones, causa diversos daños al sustrato, en este caso el metal como también al recubrimiento. Si

la lluvia cae sobre el metal antes de ser pintado, se genera cierto grado de oxidación el cual depende de la acidez y/o salinidad del medio.

Si cae sobre la pintura recién aplicada, se puede presentar el no curado de la pintura. Es importante saber que hay pinturas que son más tolerables al agua como otras que son muy sensibles.

- **Contaminación:** los contaminantes, sean salinos o partículas, son arrastrados por el viento que los deposita sobre el metal al desnudo, generando un problema de blistering osmótico y corrosión en corto tiempo cuando se pinta sobre sales.

Si la contaminación cae sobre la pintura recién aplicada, muestra un aspecto estético heterogéneo. Algunas veces, estos contaminantes quedan como conectores entre el metal y el medio exterior, ocasionando corrosión puntual en la superficie.

- **La temperatura:** No solo tiene su influencia sobre la humedad; también ocasiona defectos en algunos recubrimientos que a veces obliga a eliminarlos.

Temperaturas por debajo de 10°C, no permiten el curado de las pinturas epóxicas, igualmente pasa con los poliuretanos a temperaturas por debajo de 5°C. La consecuencia es que no se logra la tenacidad de película requerida.

Temperaturas por encima de 50°C, hacen que los recubrimientos no humecten adecuadamente la superficie. Esto se refleja en la mala adherencia y es más o menos crítico de acuerdo con el tipo de pintura, es decir: en pinturas de secamiento rápido es más evidente que en pinturas de secamiento lento.

- **La humedad:** al igual que la lluvia, la humedad genera los mismos problemas, solo que la forma de depositarse sobre la superficie es diferente, pues es menos notoria por efecto del punto de rocío. Cuando hay condensación (a veces no es fácilmente visible) y se pinta sobre esta condición, se tendrá como consecuencia el ampollamiento del recubrimiento y la posterior corrosión del metal. Esto se da en un lapso de tiempo que depende de las condiciones del medio¹³.

5.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO EN COTECMAR

Para el caso de los aceros o sustratos metálicos, salen a relucir dos factores muy importantes que ayudan a mejorar la adherencia y el desempeño del recubrimiento, que son la limpieza superficial y el perfil de anclaje, debido a que la superficie del acero debe estar libre de contaminantes como sales, ácidos y óxidos, para de esta manera evitar que estos reacciones con la humedad del aire formando una reacción electroquímica y produciendo corrosión, a su vez un perfil de anclaje bien definido le da al recubrimiento una base firme de donde aferrarse.

En Cotecmar para la aplicación de recubrimiento hay que tener dos aspectos fundamentales, el perfil de anclaje y el espesor de la película. Estos dos factores son determinantes a la hora de aplicar una pintura, independientemente del método utilizado.

El proceso de aplicación solo abarca la forma como se deposita el material (pintura) sobre una superficie ya preparada y esta forma de aplicación puede ser manual como es el caso de brocha o rodillo y por aspersion, que puede ser con aire a baja presión o sin aire (Airless).

¹³ Tomado, Manual CIP, Programa de certificación de inspectores de recubrimientos, NACE International, 2007

Para poder determinar la efectividad en la aplicación de un recubrimiento, es necesario que la aplicación se de bajo unas condiciones ambientales dadas, para así poder garantizar que el recubrimiento se va a desempeñar de manera optima sobre la superficie.

5.5.1.1 ESQUEMA DE PINTURAS

Con el fin de garantizar la protección del sustrato la división de pintura ha implementado esquemas definidos y homologados capaces de actuar cuando se encuentra expuesto a un ataque de corrosión e incrustaciones en la superficie, dicho esquema cuenta también con una pintura encargada del darle el toque de acabo a la obra muerta del buque con el fin de reflejar un buen aspecto de este. Cabe anotar que este esquema cuenta con un tiempo de vida útil dentro del cual puede desempeñar las funciones para las que fue implementado de forma satisfactoria.

Imagen 18: Proceso de aplicación de recubrimiento

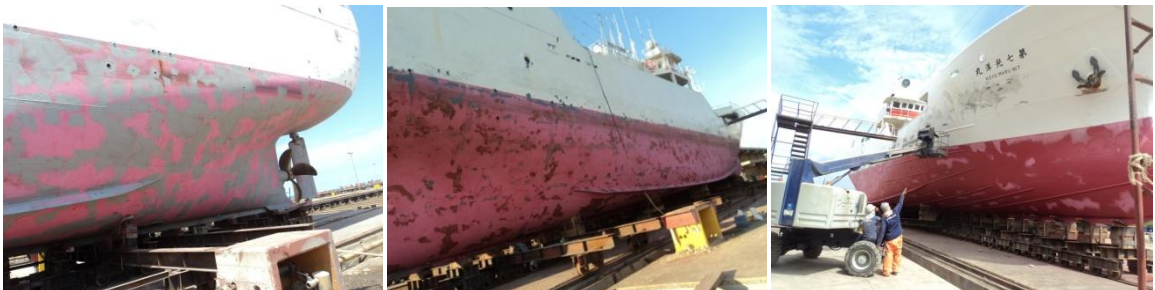


Imagen 19: Proceso final de aplicación de recubrimiento



Fuente propia.

Una vez todo esté dispuesto para llevar a cabo la aplicación del recubrimiento debe estar presente en el área el representante del proveedor de la pintura quien en compañía de un supervisor de la empresa verificarán las condiciones ambientales y el estado de la superficie y darán el visto bueno para iniciar con el procedimiento. Las condiciones necesarias para llevar a cabo la aplicación son en general, una humedad relativa menor de 80% y la diferencia entre la temperatura de superficie y la temperatura de rocío mayor de 3°C. Cabe anotar que los anteriores valores están sujetos a cambios ya que cada pintura cuenta con una ficha técnica en donde describe en detalle las condiciones ambientales a las que se recomienda la aplicación, el porcentaje de sólidos, el espesor requerido y además describe los equipos que se deben usar en el procedimiento de la aplicación.

Usualmente se conocen dos tipos de ambientes a los que puede estar expuesta la superficie, exposición a condiciones suaves y exposición a un ambiente muy severo o crítico. Teniendo en cuenta ese criterio se escoge el esquema a aplicar.

Si la aplicación se va a llevar a cabo en un tanque es necesario identificar el uso para el que este fue diseñado a la hora de escoger el esquema a realizar con el fin de que este sea el adecuado, resistente y no interfiera en el uso final del tanque. Por ejemplo para tanques de agua está definido el siguiente esquema.

Tabla 4: Referencia de pintura

	REFERENCIA (PINTUCO)
ANTICORROSIVO	10070
INTERMEDIO	9658
ACABADO	9650

Fuente: Documento división pintura

El esquema de pinturas para la obra viva cuenta con una pintura anticorrosiva, una intermedia y una anti incrustante o antifouling. Para la obra muerta (parte no

sumergida del barco) se debe aplicar una pintura anticorrosiva y una responsable del acabado. El número de capas se define según el ambiente al cual se va a someter el sustrato y además esta detallado en los esquemas homologados que maneja la corporación.

- **Primer o anticorrosivo:** Encargado de proteger el sustrato de la corrosión. En este grupo están los Epóxicos, los Alquídalicos entre otros.
- **Intermedio:** Actúa como barrera y protege el anticorrosivo
- **Anti incrustante o antifouling:** su función es impedir que se adhieran al sustrato fauna y flora marina
- **Acabado:** Se encarga de proteger la capa intermedia y el sustrato de los rayos UV, además da presentación a la obra muerta de la embarcación

Métodos para la aplicación de recubrimientos

- **Rociado sin aire:** Este es un método muy rápido para la aplicación del recubrimiento en superficies grandes con una pérdida por roció de 30% aproximadamente. Este sistema crea efecto de atomización forzando el fluido por un orificio muy pequeño en el casquillo de la pistola a presiones extremadamente altas.
- **Aplicación con brocha:** Se debe escoger la brocha adecuada según el área de trabajo y el tipo de pintura a utilizar. Se recomienda aplicar la pintura en dirección longitudinal de la superficie y después de forma cruzada sobre la película aplicada. Finalmente se empareja la dirección original con el extremo de las cerdas. Este tipo de aplicación se realiza en aéreas donde la pistola se le dificulta llegar por ejemplo: Esquinas, bordes, piezas y tornillos y se le conoce como Capa Franja. Proporciona buena humectación y además aunque es un sistema muy lento.

- **Aplicación con rodillo:** Ofrece mayor velocidad que la brocha y bajo costo de operación. Se usa para el mantenimiento en tanques, grandes áreas planas, piezas y tuberías. Es el método que menor desperdicia material y se obtiene una película más densa y uniforme que la obtenida con la brocha.

5.5.1.2 EQUIPOS

Para llevar a cabo el procedimiento de aplicación del recubrimiento es necesario tener los siguientes equipos y herramientas:

Airless: la función de estos equipos es la de impulsar la pintura a la presión requerida por la ficha técnica de las mismas, a través de una bomba de desplazamiento positivo, este posee una relación de compresión de 56:1 y es capaz de desplazar un caudal de 3.4 galones por minuto.

Imagen 20: Equipo de pintura airless



Fuente: Documentos división pintura.

Compresores: El tipo de trabajo que esta máquina realiza es el de comprimir aire para diferentes propósitos tales como suministrarlo a través de la red de abastecimiento de aire para trabajos de aplicación de recubrimientos.

- **Pistola:** Es un interruptor entre el equipo y la boquilla esta permite o impide el paso del flujo.

Imagen 21: Pistola de pintura



Fuente: Documentos división pintura

- **Boquillas:** Estas están encargadas de la aspersion de la pintura, cada boquilla cuenta con un número que identifica las pulgadas del abanico y el diámetro del orificio de salida.
- **Mangueras (aire y pintura):** Encargadas de transportar aire y pintura, estas mangueras deben estar diseñadas para soportar altas presiones.
- **Brochas y rodillos:** Herramientas de apoyo para el proceso de aplicación de recubrimiento en zonas donde el equipo no puede llegar a cubrir.

Imagen 22: Rodillos



Fuente: Documentos división pintura

- **Agitadores neumáticos:** se usan para realizar mezclas usualmente entre los componentes de una pintura (pintura y catalizador).
- **Andamios y equipos rodantes:** sirven de apoyo para realizar el proceso de aplicación del recubrimiento en las aéreas más altas, transportando al oficial de pintura hasta dicho altura.

Como el trabajo se realiza en una altura significativa se debe usar elementos de protección personal tales como:

- Cinturones
- Línea de vida
- Gafas
- Mascara de gases

5.5.2 PRUEBAS DE CALIDAD DEL RECUBRIMIENTO

Prueba de adherencia: Mide cuan adherida se encuentra la pintura al sustrato, se realiza con un equipo llamado pull off, el cual toma un dado (pieza metálica de forma cilíndrica) que se adhiere al casco con un pegante especialmente diseñado para esta labor y luego se conecta a una bomba que hala el dado hasta que este se despegue, simultáneamente por medio de un manómetro se va monitoreando la presión que este soporta. Otra forma de realizar esta prueba es a través de un bisturí, con el cual se realiza una enmarcación en forma de equis y se le coloca la cinta por encima, posteriormente se despega y se observa si hubo desprendimiento de pintura.

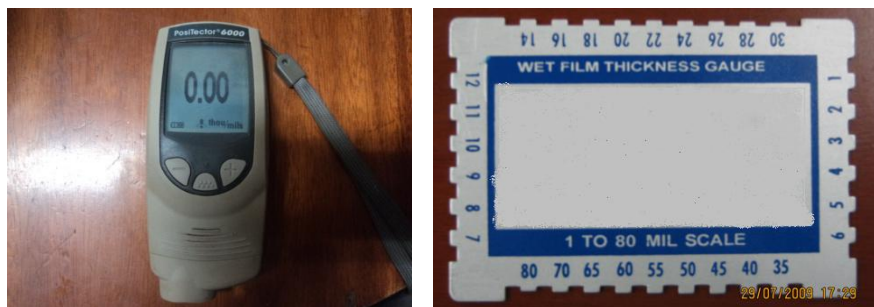
Imagen 23: Prueba de Adherencia



Fuente propia.

Prueba de espesor: En el proceso de recubrimiento existen dos formas de tomar la prueba de espesores, el espesor seco y el espesor húmedo. El espesor seco es el que se mide cuando la pintura se ha curado tras pasar el tiempo necesario y se realiza a través de un equipo digital que nos da el valor de un punto de la superficie en mils, según la norma SSPC se deben tomar de manera general cinco spots (cada spot representa tres mediciones puntuales) por cada diez metros de superficie. El espesor húmedo se obtiene justo en el momento en el que el pintor cubre la superficie, esta medición se hace a través de una Galga, que es una laminilla metálica con unas muestras a diferentes alturas, las cuales al ser introducidas en la capa de pintura húmeda nos representa el espesor húmedo de la misma.

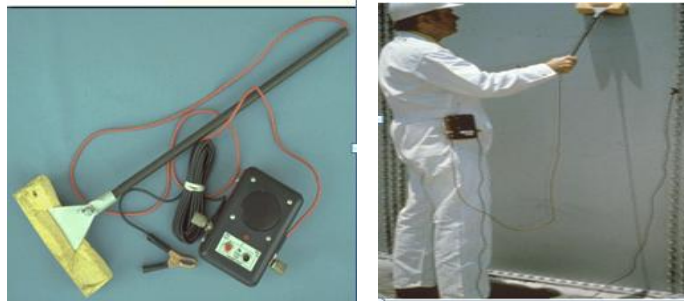
Imagen 24: Equipo de medición de espesores seco y húmedo



Fuente propia.

Prueba de continuidad: Esta prueba lo que busca es encontrar en una superficie ya pintada si existe porosidad o perforaciones en la capa de pintura (pitting), esta se realiza a través de un equipo llamado Holiday, que por medio de una corriente eléctrica inducida en zonas puntuales cuando encuentra un poro a través de un arco eléctrico indica que en esa zona existe una discontinuidad.

Imagen 25: Equipos de medición de discontinuidad



Fuente propia.

Con la información mencionada se quiere dar a entender lo importante que es el manejo de cada uno de los procesos de preparación de superficie y la aplicación de recubrimiento en materiales expuestos a altos grados de corrosión, con el fin de mostrar de manera general como funciona cada uno, para así pasar a entender como COTECMAR maneja estos mismos procesos, quizás utilizando métodos, herramientas y equipos diferentes, con el propósito de realizar un trabajo de alta calidad.

6. REFERENTES TEÓRICOS

Para este capítulo teórico se referenciará los conceptos que hacen parte de la problemática que se quiere comprender, mostrando con claridad cuál es la necesidad que tiene que abarcar la división de pintura.

La problemática como tal, está enfocada en los espacios confinados de las embarcaciones, las cuales poseen retos diferentes a la hora de realizar trabajo por parte de la división de pinturas.

La aplicación de recubrimientos (pintura) en cualquier ambiente solo tiene la función de embellecer una pieza o un lugar en especial, pero además de este fin, los recubrimientos cumplen una labor muy importante y esta es la de preservar las estructuras del deterioro que se produce en estas por el contacto con el medio ambiente circundante. Ahora, si se habla de estructuras o piezas metálicas, el deterioro se presenta a manera de corrosión.

La Asociación Nacional de Ingenieros de la Corrosión NACE define la corrosión de la siguiente manera:

- *La corrosión es el deterioro de un material, normalmente metal, debido a una reacción con su ambiente.*

Esta definición aunque certera no muestra todos los factores que se tienen en cuenta o que están presentes para que el fenómeno de la corrosión se lleve a cabo.

La corrosión en los metales es un proceso electroquímico que consiste en por lo menos dos reacciones parciales que ocurren en la superficie metálica.

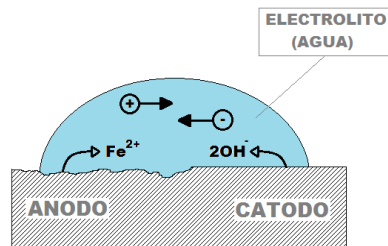
Existen dos tipos principales de corrosión:

- Corrosión química
- Corrosión Electroquímica

La corrosión química es también conocida como corrosión por vía seca, se caracteriza por darse a condiciones de temperaturas elevadas, como es el caso de las calderas o tuberías donde se transportan gases de combustión.

La corrosión electroquímica en cambio es conocida como corrosión por vía húmeda, y es aquella donde el proceso se da en presencia de un líquido que tiene la función de electrolito. Esta configuración también se conoce como celda de corrosión, en la que dos metales o una sola pieza de metal al estar en presencia de un electrolito, ocasionan una reacción de oxidación y reducción.

Figura 8: Celdas de corrosión



Fuente: Jornada de Transferencia Tecnológica en Preparación de Superficies y Aplicación de Recubrimientos:
COTECMAR – 2008

Cuando los metales se corroen en presencia de un electrolito se dan simultáneamente una reacción anódica y catódica.

- La reacción anódica siempre una disolución del metal.
- En la reacción catódica existen más posibilidades de reacción teniendo en cuenta la naturaleza del electrolito, se presentan las siguientes clases:
 - a) Desprendimiento de hidrógeno en las soluciones fuertemente ácidas.
 - b) Reducción de oxígeno en soluciones neutras o alcalinas.
 - c) Reducción de iones metálicos.
 - d) Precipitación del metal.

Tabla 5: Reacciones de la celda de corrección

Reacciones Anódicas	Reacciones Catódicas
<ul style="list-style-type: none">● Pérdida de electrones● Aumento en carga positiva● Reducción de carga negativa● Oxidación● Los electrones permanecen en el metal	<ul style="list-style-type: none">● Ganancia de electrones● Aumento en carga negativa● Reducción de carga positiva● Reducción● El metal es la fuente de electrones

Fuente: Jornada de Transferencia Tecnológica en Preparación de Superficies y Aplicación de Recubrimientos:
COTECMAR - 2008

La disolución de los metales se da a distintas velocidades, que están relacionadas por múltiples factores, a continuación se nombran los más importantes:

- Aportación de agentes oxidantes: En esta reacción es necesaria la presencia de un agente oxidante como es el caso del oxígeno o iones de hidrogeno. La cantidad de agente oxidante en la reacción catódica está directamente relacionada con la velocidad de dicha reacción, y con esta se produce la reacción catódica que sería la disolución del metal.
- Diferencia de potencial entre ánodo y cátodo: Una diferencia de potencial grande arroja una corriente más fuerte de corrosión y, por consiguiente, una disolución más rápida del ánodo.
- Relación de Superficies entre Ánodo y Cátodo: Si la zona anódica es pequeña en comparación con la zona catódica, se producirá una corrosión rápida por unidad de superficie.

- **Temperatura:** La temperatura elevada acelera las reacciones de electrodo. Un aumento de temperatura de 10°C doblará la velocidad de una reacción¹⁴.

6.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CORROSIÓN

- **Condición de la superficie:** La presencia de materia extraña sobre la superficie del sustrato metálico se puede considerar como un agente iniciador de la corrosión.
- **Diferencia de potencial (DFM):** Cuando existe una diferencia de potencial en dos materiales expuestos a las mismas condiciones, como sucede con el zinc y el acero expuestos en un ambiente salino (agua salada), el metal con un valor mayor de potencial estándar de oxidación mayor se corroerá y protegerá al metal con el potencial estándar menor.
- **La abrasión:** Cuando una pieza metálica protegida entra en contacto con un elemento y se produce un deterioro del recubrimiento dejando el metal expuesto al deterioro por el efecto de la corrosión.
- **La contaminación ambiental:** El agua no es un factor muy importante en la reacción de corrosión, pero cuando esta se mezcla con un ambiente contaminado con sales y ácidos que se encuentran en pequeñas proporciones en el aire, es cuando se convierte en un agente facilitador de la corrosión, incluso hay elementos que en cantidades pequeñas aceleran la corrosión, mientras que en grandes cantidades son inhibidores de esta.

¹⁴ Jornada de Transferencia Tecnológica en Preparación de Superficies y Aplicación de Recubrimientos: COTECMAR - 2008

- **El tiempo:** El factor tiempo afecta la corrosión de manera directa, en algunos casos es una relación lineal que se acelera a medida que pasa más tiempo, mientras que en otros casos la tasa de corrosión se manifiesta como una constante a lo largo del tiempo.
- **Efectos biológicos:** Al entrar en contacto la superficie con organismos vivos pueden influir en la corrosión de dos maneras:
 - Creando obstrucciones sobre la superficie lo cual produce celdas de aireación diferencial.
 - Absorbiendo hidrógeno de la superficie del acero, que es un factor de protección contra la corrosión.
- **Rocío y condensación:** Estos dos son factores que afectan mucho la superficie del acero a menos que estén acompañados de lluvias frecuentes que laven los contaminantes que quedan atrapados de la humedad en la superficie de metal expuesto. Una película de rocío o condensación en un ambiente marino y a la vez industrial que contiene elementos como, sal marina, ácidos de azufre y clorhídrico, proveen un electrolito muy agresivo para promover la corrosión, en ocasiones la condensación como atrapa el dióxido de carbono en la superficie, llega a ser tan dañina como un ácido diluido. La formación de rocío depende de la humedad relativa y del cambio de temperatura, cuanto más caliente y seca sea el ambiente menor será el grado de condensación.
- **Humedad relativa:** La humedad relativa es uno de los factores más críticos que favorecen la corrosión pues está presente en todas partes donde exista aire. Éste se manifiesta cuando previamente la superficie ha sido contaminada por los efectos de la lluvia, rocío o de ambientes marinos y como la corrosión es un proceso electroquímico que se da en presencia de

un electrolito, el agua contenida en el aire en forma de humedad realiza esta función. La cantidad (%) de humedad relativa presente en el aire va a ser un factor directamente proporcional a la tasa de corrosión. Una de las medidas de los efectos de la humedad relativa es el tiempo de humectación, el cual es directamente proporcional a la velocidad de corrosión.

- **Tiempo de Humectación:** El tiempo de humectación (TDH) representa el tiempo en el cual la superficie de la placa metálica está lo suficientemente húmeda para para que ocurra el proceso de corrosión.
- **Temperatura:** La temperatura afecta de manera directa las reacciones químicas, a altas temperaturas la cinética de las reacciones químicas de la corrosión se incrementa, además a altas temperaturas la humedad depositada sobre la superficie metálica se evapora, esto hace que descienda la concentración de oxígeno y de otros gases corrosivos que inclusive pueden afectar las propiedades de los recubrimientos protectores contra la corrosión. Caso contrario de las temperaturas bajas, más específicamente por debajo del punto de congelación del agua, debido a que como el hielo es un electrolito débil, la corrosión no ocurre, se ha determinado que las temperaturas adecuadas para que se efectuó la reacción de corrosión es de 0 y 25 °C aproximadamente¹⁵.

¹⁵ Jornada de Transferencia Tecnológica en Preparación de Superficies y Aplicación de Recubrimientos: COTECMAR - 2008

6.1.1 MEDICIN DE LA HUMEDAD

Para poder determinar el grado de deterioro causado por la humedad relativa del aire, es necesario conocer cuanta cantidad de agua se encuentra en el aire circundante de una atmosfera.

El aire maneja dos tipos de humedad, la humedad relativa y la humedad absoluta:

- Humedad relativa: Es la cantidad de agua que puede estar disuelta en un volumen de aire a una temperatura dada.
- Humedad absoluta: es una relación de la cantidad de agua disuelta en un volumen de aire con respecto a la que puede tener a una temperatura dada

El aire cuando está a una temperatura ambiente es capaz de retener una cantidad de agua en forma de vapor y esta cantidad depende específicamente de dos factores, la presión atmosférica y la temperatura. Si se tiene cierta cantidad de aire a una temperatura definida y este absorbe toda la cantidad de agua que puede retener a esa temperatura se puede decir que este aire está saturado.

Por ejemplo, se supone que el aire actual a temperatura ambiente puede absorber 100 mg de agua por litro de aire, y posee 75 mg de agua por litro de aire. Aplicando los conceptos anteriormente definidos se sabe que la humedad absoluta de este aire equivale a 75 y se puede obtener el valor de su humedad relativa.

$75/100 = 0,75$. En porcentaje el valor de la humedad relativa = 75%

Si la temperatura aumenta, la capacidad de retener agua del aire también lo hará mientras que si la temperatura disminuye a tal valor que la cantidad de agua que puede tener el aire es igual a la que posee entonces se llegó al tope máximo de humedad relativa y este aire se encuentra saturado por no poder absorber más vapor de agua.

Cuando al aire posee una cantidad de agua aun mayor que la puede contener se dice que esta sobresaturado de humedad y al tocar una superficie fría se

condensa dando como resultado el rocío, esto sucede con el fin de liberar humedad hasta que logre equiparse con la cantidad que puede retener¹⁶.

Para medir el valor del porcentaje de humedad relativa del aire se usa un termohigrómetro digital que posee dos electrodos de cinta metálica los cuales no se tocan, y están aislados eléctricamente entre ellos por una forma de plástico, también tiene una solución de cloruro de litio para recubrir por completo todo el dispositivo.

A medida que la humedad relativa del aire aumenta, la película de cloruro de litio absorbe más vapor de agua del aire. Esto hace que su resistencia disminuya marcadamente. Debido a que la película de cloruro de litio está en contacto íntimo con los dos electrodos metálicos, la resistencia entre las terminales de los electrodos también disminuye marcadamente. La resistencia entre las terminales puede relacionarse entonces con la humedad relativa¹⁷.

6.1.2 PUNTO O TEMPERATURA DE ROCÍO

Es el valor de temperatura a la cual el aire empieza a condensar el vapor de agua produciendo así rocío, neblina o en el caso de que la temperatura sea lo suficientemente baja, escarcha.

Para medir humedad relativa es necesario contar con dos termómetros, de bulbo húmedo y de bulbo seco.

- la temperatura de bulbo húmedo es determinada por un termómetro que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón empapado de agua, el flujo de aire provoca que el humedad se evapore lo que disminuye la

¹⁶Events.nace.org/Library/corrosión/Dehumidification/techniques.asp,Tecnicas de deshumidificación, Mayo 2011

¹⁷ Jornada de Transferencia Tecnológica en Preparación de Superficies y Aplicación de Recubrimientos: COTECMAR - 2008

temperatura y produce una lectura de temperatura inferior a la del termómetro de bulbo seco

- La temperatura de bulbo seco es la temperatura del aire determinada por un termómetro estándar

La comparación entre las dos lecturas da como resultado la medida de vapor de agua en el aire; cuanto menor sea la diferencia más húmedo es el aire y entre mayor sea la diferencia más seco estará el aire. Las lecturas se pueden representar también en la carta psicrométrica, donde las propiedades de la mezcla de aire- vapor tales como la humedad relativa, humedad absoluta, punto de rocío entre otras pueden determinarse directamente.

6.2 ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN LOS PROCESOS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS EN COTECMAR

La división de pinturas de la empresa COTECMAR en la planta Mamonal, se manejan diferentes procesos que se llevan a cabo por personal propio y por personal contratista, las actividades que se llevan a cabo, son las de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos.

Dentro de la preparación de superficie se trabajan diferentes formas de acondicionamiento y limpieza de la superficie dentro de las cuales se tienen, la limpieza manual, achique de estanquidades, limpieza mecánica y limpieza con chorro abrasivo. Cada uno de estos procedimientos poseen diferentes particularidades y dificultades que los caracterizan.

Limpieza manual: Consiste en aquellos trabajos que se realizan en la superficie para quitar contaminantes como suciedad, oxidación superficial e incrustaciones. Los inconvenientes que se producen a la hora de aplicar este método es que al ser manual se da de manera lenta y al no ser un método muy agresivo con la superficie no elimina todos los contaminantes ni deja un perfil de anclaje óptimo

para dar adherencia a un recubrimiento, este procedimiento no es recomendado para aplicaciones de recubrimientos y al no poseer herramientas especializadas es de muy fácil adaptación a cualquier espacio ya sea confinado o no.

Achique de estanqueidades: Cuando en un tanque de una embarcación existe presencia de residuos acuosos u oleosos como el caso de los tanques de lastre y de combustible, se debe retirar o achicar estos elementos antes de realizar cualquier trabajo, así como limpiar la superficie con algún tipo de detergente. Este proceso se realiza de manera manual y en ocasiones ayudado de bombas para la extracción de líquidos aunque nunca deja de ser una tarea manual.

Limpieza mecánica: Este proceso es similar a la limpieza manual, solo que en esta ocasión se usan herramientas mecánicas para hacer la tarea mas eficiente, como es el caso de pulidoras, gratas y escariadoras. Este proceso presenta los mismos inconvenientes que la limpieza manual, debido a que es un proceso lento y de fácil adaptación a las condiciones de trabajo difíciles que se presentan en los tanques de las embarcaciones y además de que no genera un perfil de rugosidad y una limpieza optima para la aplicación de un recubrimiento, además de que los fabricantes de pintura no garantizan el desempeño de sus recubrimientos para estos tipos de preparación.

Limpieza con chorro abrasivo: Este proceso consiste en la limpieza y preparación de la superficie a través de la proyección directa de un chorro abrasivo a alta presión sobre el acero, este método genera un limpieza mas profunda que los anteriores y además genera una mayor rugosidad de la superficie permitiendo un mayor anclaje y al quedar el metal prácticamente desnudo se genera un contacto directo del sustrato con el recubrimiento, garantizando de esta manera el mejor desempeño de una pintura aplicada. Dentro de los inconvenientes de este proceso tenemos, la difícil adaptación a espacios confinados y los factores ajenos que se generan como la acumulación de polvo y la necesidad de un proceso adicional de la recolección del abrasivo usado, a estos

factores hay que sumar el riesgo físico que se genera en este proceso, debido a las altas presiones PSI que se manejan que sumadas con el abrasivo pueden ser muy dañinas en caso de tener contacto con los que ejecutan el trabajo, el otro inconveniente son los costos, ya que este proceso comparado con los anteriores al requerir equipo especializado y personal entrenado aumenta el costo del trabajo, y cuando se presenta el fenómeno de oxidación sobre la superficie se debe proceder a repetir la tarea afectando sustancialmente el costo.

Después de realizar un análisis de los problemas que tienen los procesos de pintura se muestra a continuación cinco de las diez preguntas que se realizaron en una encuesta hecha para el personal especializado de la división de pintura como lo son jefe de la división, superintendentes, supervisores, jefe de grupo, oficiales y supervisores de las empresas contratistas; estas cinco preguntas fueron escogidas por el hecho de que prevalecen en la ponderación final de toda las preguntas de la encuesta como las más importantes a tener en cuenta, ya que son estas las que resaltan la necesidad que existe en uno de los procesos de pintura como es el “sandblasting”.

Estas preguntas son:

Para el entendimiento de los resultados de cada pregunta se realiza la explicación de cada inicial.

J.DVPIN	Jefe división de pinturas
SUPTE	Superintendente
SUPV.R	Supervisor de recubrimiento
SUPV.L	Supervisor de limpieza
J.G	Jefe de grupo
OFIC	Oficiales
SUPV.C	Supervisor contratista

En el siguiente cuadro se mostrara el numero que indica cada proceso de la división de pinturas.

1	Sandblasting
2	Pintura
3	Limpieza manual
4	Limpieza Mecánica
5	Achique

2 ¿Cuál es el proceso de la división de pintura que genera más costo en COTECMAR?

R/ Sandblasting.

PROCESOS	J.DV/PIN	SUPTE	SUPV.R								SUPV.L		J.G	OFIC							SUPV.C													PORCENTAJE	RESPUESTA TOTAL			
	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13					
1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100 %	33
2																																				0	0	
3																																				0	0	
4																																				0	0	
TOTAL RESPONDENTES																													33									
FILTROS APLICADOS																													0									

Con respecto al resultados de esta tabla, es contundente decir que en la división de pinturas el proceso que genera más costos es el de sandblasting, con un total del 100% el personal capacitado al cual se le realizo la encuesta contesto que el sandblasting es el proceso que genera más costos ya que es un proceso en el que intervienen muchas variables como el clima, trabajos realizados por otras divisiones que percutan en la ejecución de este, mala aplicación, etc, y estas hacen que se genere un sobre costo en la elaboración.

3 ¿En qué proceso de la división de pintura se genera más re proceso?

R/ Sandblasting.

PROCESOS	J.DV/PIN	SUPTE	SUPV/R								SUPV/L		J.G	OFIC							SUPV/C													PORCENTAJE	RESPUESTA TOTAL	
	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	1	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	■		■	■		■	■	■			■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■		■	■	■			72.7 %	24
2		■			■				■	■			■												■	■		■				■		27.2 %	9	
3																																		0	0	
4																																		0	0	
TOTAL RESPONDENTES																												33								
FILTROS APLICADOS																												0								

El 72.2 % indica que más del 50% del personal al que se le aplico la encuesta afirma que el proceso de sandblasting es el proceso que mas genera re procesos, ya que intervienen diversas variables como las mencionadas en la tabla anterior. Esto indica que en este proceso se está evidenciando una necesidad a abordar, para el mejoramiento de dicho proceso

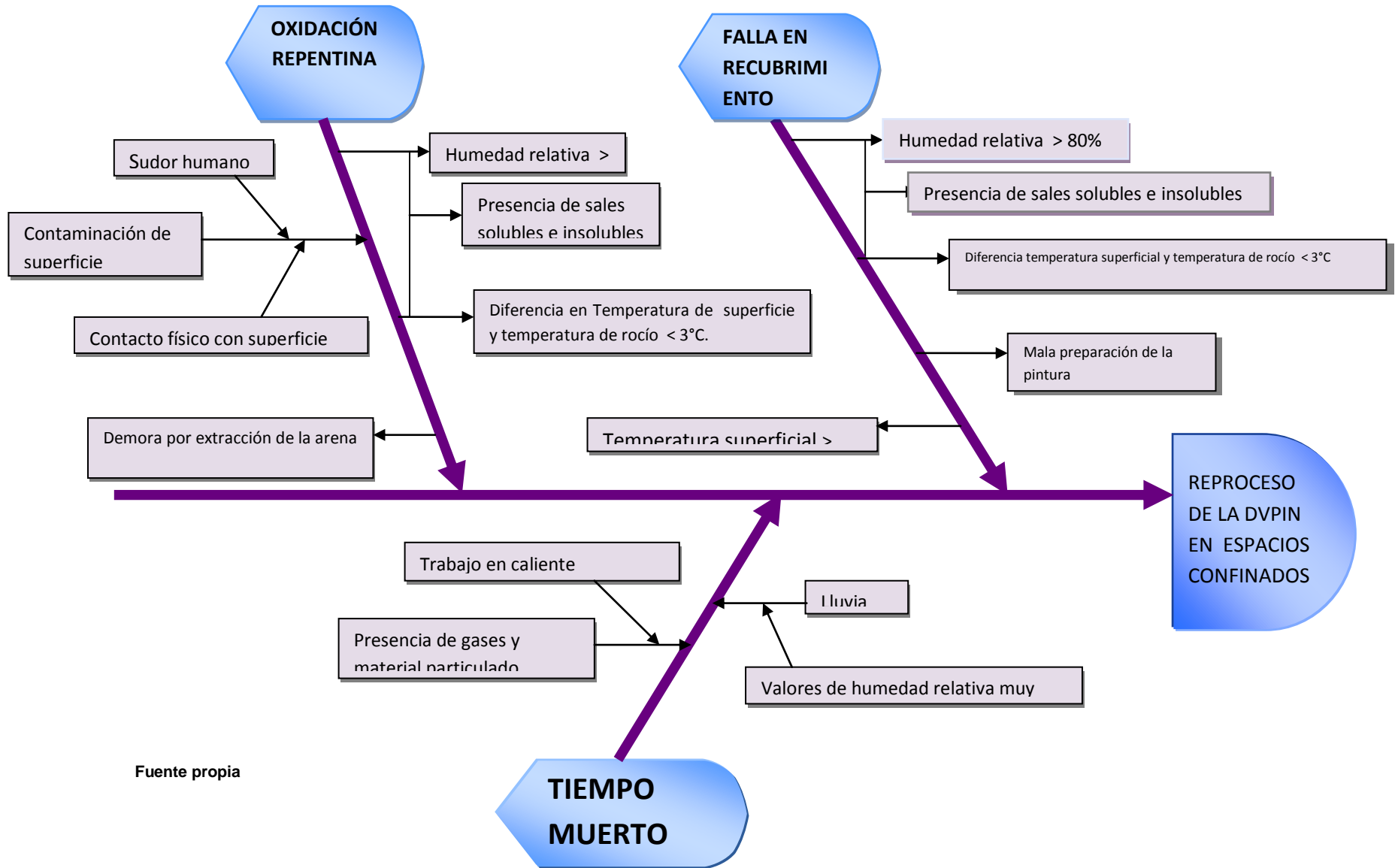
El objetivo de la encuesta fue realizar un estudio detallado para recaudar datos, con el fin de conocer el punto de opinión de cada uno del personal que hace parte de la división de pinturas y de aquellos que ejecutan los servicios de la división, pero que de alguna manera no hacen parte como tal de COTECMAR, también fue importante para estudiar los hechos específicos a la cual está sometido cada proceso al ejecutarse.

No obstante después de realizarse la ponderación de cada pregunta de la encuesta y hacer saber el resultado que se obtuvo, se procedió a realizar una reunión con el personal de la división de pintura, con el motivo de crear una serie de discusión para obtener más ideas de cómo se está manejando cada proceso en la división, que falencias encuentran en la ejecución, que problemas de apoyo tienen al desarrollar cada proceso, que mejoría encuentran en los procesos históricamente etc, todo esto con el fin de abordar la problemática que mas sobresalga en los procesos dando formas de solución a dicho problema.

Con la reunión se manejó el concepto de lluvia de ideas, ya que con este método teniendo en cuenta los resultados de la encuesta se quiere profundizar más en la problemática existente en los procesos de la división con el punto de vista del personal que esta 100% en contacto con la ejecución de estos. Teniendo en cuenta el aporte de cada integrante se plasmara estos resultados en el diseño y ejecución del diagrama de *Ishikawa*, comúnmente llamado diagrama de causa y efecto, que es el que va a ayudar al direccionamiento de la(s) causa(s) reales y potenciales de un suceso o un problema como tal.

A continuación se muestra el resultado de la lluvia de ideas con el personal de la división, plasmado en el diagrama de causa y efecto.

Figura 9: Diagrama causa y efecto de los procesos de la división de pinturas



Fuente propia

En el diagrama de causa y efecto que se muestra anteriormente se puede decir que dentro de las causas que propician el problema de re procesos en la DIVPIN en espacios confinados es la humedad relativa, pues es esta la que se repite constantemente y es la que afecta los procesos tanto el Sandblasting como la pintura.

7. PRUEBAS DE CAMPO EN TANQUES DE EMBARCACIÓN

Los tanques de las embarcaciones marítimas son una de las áreas más afectadas por el fenómeno de la corrosión, presentando diferentes tipos de deterioro del recubrimiento sectorizándose en los espacios de difícil acceso. En el área de estudio se pueden encontrar contaminantes no visibles que generan condiciones favorables para la formación de focos de corrosión y celdas electrolíticas activas que dificultan aun más los procesos de limpieza. La problemática que se presenta es que al realizar la limpieza en los tanques de lastre a través de la preparación de superficie comúnmente usada y la más efectiva hasta el momento “Chorro abrasivo o Sandblasting” representa un gran reto en su aplicación en el interior de estos por el área tan reducida que estos poseen, además de que al verse los tanques influidos por condiciones ambientales diferentes a las del aire libre, los procesos de preparación de superficie se deterioran y esto representa un mayor costo en el proceso y demoras en los tiempo de ejecución.

Para la protección del acero de los tanques se debe tener en cuenta esquemas de pinturas con ciertas consideraciones específicas debido a que es una zona de inmersión, es un ambiente altamente contaminante por sales solubles y por su conformación o diseño suelen presentar incrustaciones salinas en zonas de difícil acceso en donde la preparación de superficie es inadecuada.

Como parte fundamental en el desarrollo de este proyecto, se contempló la posibilidad de realizar diferentes pruebas de campo con los recursos que se ofrecen en la empresa COTECMAR ya que no se dispone de equipos deshumidificadores que ayuden a demostrar la efectividad del proceso de deshumidificación en espacios confinados.

7.1 DISEÑO METODOLOGICO DE LAS PRUEBAS DE CAMPO EN TANQUES DE EMBARCACIONES

El grupo de investigación se vio en la necesidad de realizar pruebas de campo para mostrar analizar las variables que se analizaron previamente y conocer las condiciones reales de los espacios confinados, para esto la Corporación de Ciencia y Tecnología COTECMAR aportó para la obtención de muestras el uso de buques para la realización de las pruebas bajo condiciones reales, además de aportar el material utilizado como el caso de láminas de acero naval sacado del taller de soldadura quien por orden del Jefe de División Orlando Cuadrado, que a través de un supervisor de soldadura y un operador de la meza de corte aportaron una lamina y realizaron los cortes para obtener una probetas sobre las cuales se realizarían las pruebas, la división de pinturas aporto con el apoyo del Jefe de División Daniel de la Cruz la preparación de superficie de las probetas (láminas de acero) que se usaron en las pruebas en tanques contando con el apoyo de los operadores sandblasteros que realizaron la tarea, además de esto la división de pinturas también aporto los equipos de medición como es el caso de un thermohigrogrmetro digital marca Positector, con el cual se obtendrían las mediciones de las condiciones ambientales, tales como el porcentaje de humedad relativa, la temperatura del ambiente, la temperatura de la superficie y la temperatura de rocío.

Se contó también para la toma de muestra de condiciones ambientales y con el acceso a los tanques de las embarcaciones que para este caso se tomaron las

muestras a tres buques como son el independiente, el Sentinel y el Panamanian Glory, que en ese momento se encontraban realizando trabajos en el astillero

Imagen 26: Buques utilizados para realizar pruebas de humedad relativa



“SENTINEL”

“ARC INDEPENDIENTE”

“PANAMANIAN GLORY”

Fuente propia

Para la determinación del tamaño de la muestra usada en la toma de datos de la medición de las condiciones ambientales se usó la siguiente fórmula:

$$n_0 = \frac{z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$$

Donde:

Z = Valor correspondiente al nivel de confianza usado

P = Valor de la varianza de la proporción

E = Porcentaje de error máximo permitido

Los valores usados fueron los siguientes:

Z = 1,036 que corresponde a un nivel de confianza de 70%

P = 0,5

E = 13%

$$n_0 = \frac{(1,036)^2 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,5)}{(0,13)^2}$$

$$n_0 = 16$$

Según lo anterior el tamaño de la muestra, desconociendo el tamaño de la población, la muestra debería ser de 23, pero si se toma un periodo de seis meses o lo que significa 180 días de trabajo como tamaño de la población, se puede aplicar un ajuste que se obtiene con la siguiente fórmula:

$$n' = \frac{n_0}{1 + \left(\frac{n_0 - 1}{N}\right)}$$

Donde:

N = Tamaño de la muestra

$$n' = \frac{16}{1 + \left(\frac{16 - 1}{180}\right)}$$

$$n' = 15$$

De los anteriores datos se puede concluir que, usando un nivel de confianza de 70% y un porcentaje de error de 13% el número de muestras a tomar debe ser de 15 el tamaño de la muestra.

7.2 MEDICIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN ESPACIOS CONFINADOS

En el interior de los tanques de un buque y en general en espacios cerrados, se experimenta lo que se podría denominar un microclima que aunque está relacionado con el clima exterior posee un comportamiento distinto.

Como se ha visto anteriormente tanto en la aplicación de pintura como en el proceso de preparación de la superficie se necesita de ciertas condiciones ambientales específicas que ayuden en el proceso de curado de la pintura, como en el de mantener la superficie para que no se oxide, al aire libre es imposible manejar o modificar dichas condiciones, pero cuando se tiene un espacio confinado a través de algunos artefactos, se pueden cambiar estas condiciones, haciéndolas favorables para cubrir dichas necesidades.

Como punto de partida se estableció la toma de muestras en diferentes tanques de diferentes embarcaciones que habían sido limpiados y desgacificados previamente, para estas mediciones se usó un termo higrómetro digital, con el cual se realizaron las medidas descritas en la siguiente tabla.

Tabla 6: Medición de condiciones ambientales

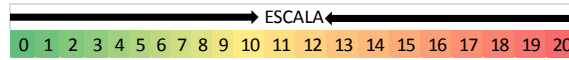
Medición	Descripción
%RH: Porcentaje de humedad relativa	Este valor muestra la cantidad porcentual de agua que hay en el aire circundante.
Ta: Temperatura ambiente	Mide la temperatura en grados centígrados del ambiente donde se encuentre el medidor
Ts: Temperatura de superficie	Muestra como resultado la temperatura a la que se encuentra la superficie en la cual se apoya el equipo de medición
Td: Temperatura de rocío	Indica la temperatura a la cual hay formación de agua por condensación de la humedad del aire
Δ : Delta	Diferencia entre la temperatura de la superficie y la temperatura de rocío

Fuente: información tomada por personal de la división de pintura

Para la toma de datos se usaron tres embarcaciones que en ese momento se encontraban en dique realizando reparaciones, se tomó una semana de muestra (5 días) y se comenzaron las muestras a las siete y media de la mañana hasta las cinco de la tarde.

Las mediciones de condiciones ambientales fueron tomadas a diferentes horas del día con el fin de observar como varían, se utilizó una escala de colores para representar dicho cambio, la escala utilizada es la siguiente:

Figura 10: Escala visual de temperatura



A continuación se muestra el comportamiento de las condiciones ambientales en el interior de un tanque, se tomaron muestras con cinco minutos de diferencia y se realizaron en cuatro días.

Tabla 7: Resultados de las mediciones de temperatura en tanques

% HUMEDAD RELATIVA						
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROEDIO
○ 07:50	86,5	88,2	86,9	86,8	87,4	87,2
○ 07:55	88,3	85,3	85,2	85,9	88,9	86,7
○ 08:00	86,4	89,6	86,5	89,3	85,8	87,5
○ 08:05	90,9	88,1	87,4	90,9	87,4	89,0
○ 08:10	88,1	91,0	91,1	91,3	88,6	90,0
○ 08:15	92,6	92,4	89,4	89,3	89,6	90,7
○ 08:20	91,3	94,3	94,9	94,2	94,5	93,9
○ 08:25	92,4	95,0	95,0	91,9	91,9	93,2
○ 08:30	95,4	95,8	95,8	95,8	92,2	95,0
○ 08:35	93,2	92,8	92,6	93,4	93,1	93,0
○ 08:40	93,4	96,6	93,6	93,1	93,9	94,1
○ 08:45	97,0	96,8	96,2	93,7	97,0	96,1
○ 08:50	93,3	96,4	93,3	96,4	96,2	95,1
○ 08:55	92,9	96,7	96,1	93,1	93,2	94,4
○ 09:00	93,4	96,7	96,8	93,9	93,3	94,8
○ 09:05	93,6	96,3	93,1	96,2	96,4	95,1
● 10:10	92,2	95,0	92,3	95,9	95,4	94,2
● 10:15	92,8	95,6	93,2	96,1	93,1	94,1
● 10:20	97,0	97,2	97,8	93,9	97,6	96,7
● 10:25	98,9	98,6	95,3	95,3	99,1	97,4
● 10:30	95,5	98,7	98,7	95,4	95,0	96,6
● 10:35	98,2	98,8	97,8	97,9	98,3	98,2
● 10:40	95,6	99,1	98,7	99,0	95,7	97,6
● 10:45	98,4	99,1	98,4	98,5	98,5	98,6
● 10:50	98,3	97,9	97,8	97,9	98,9	98,2
● 10:55	98,7	98,6	98,0	97,8	98,3	98,3
● 11:00	96,7	96,9	98,3	96,9	99,9	97,7
● 11:05	98,2	99,8	98,5	98,0	99,7	98,8
● 11:10	98,2	98,6	97,6	98,8	98,8	98,4
● 15:20	98,0	99,1	97,5	98,0	98,0	98,1
● 15:22	99,4	99,1	99,0	98,8	99,4	99,2
● 15:24	99,0	98,6	98,9	98,5	97,4	98,5
● 15:26	99,6	96,7	97,1	96,9	99,9	98,0
● 15:28	96,6	96,9	97,6	97,4	98,6	97,4
● 15:30	98,7	98,6	98,3	98,3	96,9	98,2
● 15:32	98,6	97,6	97,9	98,2	98,7	98,2
● 15:34	99,2	97,7	99,1	97,5	98,9	98,5
● 15:36	98,3	98,9	99,3	98,0	98,9	98,7
● 15:38	98,5	97,1	97,0	97,8	97,3	97,6
● 15:40	98,3	98,2	99,6	98,2	98,7	98,6
● 15:42	98,6	98,3	98,2	99,2	98,6	98,6
● 15:44	99,2	99,8	99,2	98,6	99,5	99,3
● 15:46	96,5	96,7	96,5	96,4	96,5	96,5
● 15:48	99,5	99,3	96,5	97,1	96,3	97,7
● 15:50	100,0	98,3	99,9	97,4	97,4	98,6
● 15:52	98,6	96,7	99,9	98,0	96,7	98,0
● 16:40	95,1	95,3	98,6	95,1	97,8	96,4
● 16:42	95,0	94,8	95,5	97,7	95,1	95,6
● 16:44	98,2	98,2	94,6	95,1	95,5	96,3
● 16:46	95,2	94,8	95,1	94,7	94,7	94,9
● 16:48	95,5	94,9	95,7	97,9	97,9	96,4
● 16:50	95,3	95,4	98,8	95,7	95,9	96,2
● 16:52	96,1	99,4	96,3	96,0	98,6	97,3
● 16:54	95,8	99,3	96,0	99,1	99,1	97,9
● 16:56	99,2	96,8	95,9	96,5	96,1	96,9
● 16:58	96,8	96,1	96,5	96,2	99,6	97,1
● 17:00	96,8	99,7	96,0	99,1	96,3	97,6
● 17:02	97,4	97,8	98,5	98,7	98,5	98,2

% HUMEDAD RELATIVA						
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROEDIO
○ 07:50	85,9	86,0	85,8	87,5	86,9	86,4
○ 07:55	86,5	86,4	86,5	86,4	88,9	86,9
○ 08:00	88,4	88,3	87,9	85,0	88,0	87,5
○ 08:05	90,2	86,9	90,1	90,2	90,4	89,6
○ 08:10	88,2	91,0	88,6	88,4	88,5	88,9
○ 08:15	92,1	88,8	89,0	88,9	91,5	90,1
○ 08:20	90,6	93,9	90,5	90,8	93,6	91,9
○ 08:25	95,0	95,5	94,9	92,1	95,0	94,5
○ 08:30	96,7	96,0	96,0	93,1	96,2	95,6
○ 08:35	92,1	95,4	91,8	92,3	95,0	93,3
○ 08:40	92,4	95,1	94,8	95,2	95,1	94,5
○ 08:45	92,9	92,7	95,3	92,8	95,6	93,9
○ 08:50	95,7	92,4	95,6	92,6	95,6	94,4
○ 08:55	93,9	91,4	94,6	91,5	91,5	92,6
○ 09:00	92,3	94,9	91,8	95,1	92,1	93,2
○ 09:05	91,2	94,0	94,6	91,7	94,7	93,2
● 10:10	94,2	94,3	93,4	94,0	94,2	94,0
● 10:15	94,4	94,9	94,6	91,9	92,0	93,5
● 10:20	96,0	93,2	93,8	93,6	93,4	94,0
● 10:25	94,6	94,4	94,5	96,9	94,2	94,9
● 10:30	96,9	94,1	94,2	96,5	94,3	95,2
● 10:35	97,1	96,5	96,5	93,6	94,3	95,6
● 10:40	92,1	92,6	92,2	92,0	92,7	92,3
● 10:45	95,2	97,4	98,2	94,7	97,8	96,6
● 10:50	94,5	94,1	97,1	94,7	97,4	95,5
● 10:55	94,2	93,3	93,4	97,0	93,7	94,3
● 11:00	96,9	93,9	93,3	93,1	96,6	94,7
● 11:05	95,1	94,5	95,1	98,0	94,5	95,4
● 11:10	96,0	99,1	98,8	99,1	96,1	97,8
● 15:20	95,8	95,7	99,0	98,3	98,7	97,5
● 15:22	99,6	99,6	99,9	98,0	98,0	99,0
● 15:24	99,0	95,6	96,4	98,4	96,0	97,1
● 15:26	98,2	98,3	97,7	94,7	98,1	97,4
● 15:28	95,1	95,1	98,0	94,7	97,7	96,1
● 15:30	96,4	93,3	93,7	96,2	96,2	95,2
● 15:32	97,6	94,3	94,7	97,3	94,9	95,8
● 15:34	94,4	94,5	97,0	93,9	97,5	95,5
● 15:36	97,7	94,8	94,5	95,2	97,7	96,0
● 15:38	97,0	97,1	97,0	97,6	94,3	96,6
● 15:40	98,5	97,9	98,5	95,4	98,3	97,7
● 15:42	98,4	95,5	95,6	98,3	99,1	97,4
● 15:44	98,7	97,5	98,7	96,9	98,0	98,0
● 15:46	99,3	97,1	96,9	99,8	98,2	98,2
● 15:48	97,2	96,8	96,9	96,4	96,3	96,7
● 15:50	96,2	96,3	99,5	98,9	95,8	97,3
● 15:52	97,3	100,0	98,2	99,8	96,9	98,4
● 16:40	95,1	95,2	95,8	95,2	98,6	96,0
● 16:42	95,1	95,4	98,2	98,9	95,3	96,6
● 16:44	97,7	95,0	97,8	95,0	97,9	96,7
● 16:46	98,2	95,0	98,5	95,0	95,9	96,5
● 16:48	95,6	95,6	96,1	95,6	95,4	95,7
● 16:50	99,0	99,5	95,9	99,3	99,0	98,5
● 16:52	95,8	98,7	95,5	98,4	96,0	96,9
● 16:54	97,4	98,7	99,9	98,2	98,2	98,5
● 16:56	98,1	98,4	98,1	96,9	98,0	97,9
● 16:58	98,2	96,9	98,2	98,1	97,2	97,7
● 17:00	97,7	98,7	96,9	97,2	98,6	97,8
● 17:02	99,2	98,1	98,3	98,1	98,7	98,5

% HUMEDAD RELATIVA						
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROEDIO
○ 07:50	91,5	92,1	90,9	91,2	90,9	91,3
○ 07:55	92,6	89,5	92,5	89,6	89,3	90,7
○ 08:00	89,1	89,8	89,1	92,9	89,2	90,0
○ 08:05	95,3	92,6	95,2	92,9	92,6	93,7
○ 08:10	95,2	91,9	95,4	92,5	92,4	93,5
○ 08:15	96,0	93,1	96,7	96,6	93,1	95,1
○ 08:20	95,6	97,8	98,1	95,3	95,2	96,4
○ 08:25	96,5	96,3	96,4	96,3	95,9	96,3
○ 08:30	98,1	99,6	98,4	97,3	97,4	98,2
○ 08:35	99,2	98,8	96,6	95,8	99,6	98,0
○ 08:40	96,7	96,6	96,7	99,8	96,8	97,3
○ 08:45	97,0	97,3	99,9	98,5	96,8	97,9
○ 08:50	95,9	95,8	99,2	99,4	99,6	98,0
○ 08:55	96,5	96,7	99,9	96,6	97,0	97,3
○ 09:00	98,9	99,6	99,2	99,2	96,5	98,7
○ 09:05	95,0	94,9	97,9	98,7	95,2	96,3
● 10:10	98,3	95,4	95,6	98,6	98,5	97,3
● 10:15	96,8	99,8	96,3	96,4	96,4	97,2
● 10:20	98,9	98,1	97,7	98,5	98,1	98,2
● 10:25	100,2	99,4	99,7	99,0	99,4	99,5
● 10:30	98,5	97,6	99,3	98,5	99,3	98,6
● 10:35	97,5	97,7	98,5	98,4	99,1	98,2
● 10:40	98,1	97,1	99,8	98,5	97,3	98,2
● 10:45	98,9	100,4	100,4	98,9	99,9	99,7
● 10:50	98,8	98,3	97,9	97,7	98,7	98,3
● 10:55	98,3	98,0	98,3	97,8	99,3	98,4
● 11:00	97,2	97,5	97,4	98,9	97,3	97,7
● 11:05	97,4	98,3	99,2	99,2	98,5	98,5
● 11:10	99,0	98,1	98,9	99,3	99,5	99,0
● 15:20	100,2	99,5	99,4	98,7	98,8	99,3
● 15:22	99,4	98,7	99,4	98,9	99,6	99,2
● 15:24	99,1	99,7	99,9	100,3	99,9	99,8
● 15:26	97,1	97,2	98,5	97,5	98,5	97,8
● 15:28	96,9	98,2	96,6	97,2	97,0	97,2
● 15:30	98,2	97,6	99,8	98,1	98,3	98,4
● 15:32	97,4	98,3	97,9	98,5	97,1	97,8
● 15:34	98,7	98,8	98,8	98,6	98,2	98,6
● 15:36	98,4	97,6	97,2	97,3	98,3	97,8
● 15:38	98,2	97,1	98,5	98,1	96,9	97,7
● 15:40	97,0	97,6	96,9	99,9	99,5	98,3
● 15:42	99,6	99,1	99,8	96,5	99,5	98,9
● 15:44	97,8	98,0	98,5	97,9	99,7	98,4
● 15:46	97,3	96,8	99,9	98,1	99,8	98,4
● 15:48	97,0	97,7	97,0	98,4	98,3	97,7
● 15:50	97,8	98,1	97,3	98,3	98,3	98,0
● 15:52	98,4	98,7	98,0	98,5	98,1	98,3
● 16:40	98,4	98,3	98,1	97,9	98,6	98,3
● 16:42	95,4	98,3	96,1	98,6	95,3	96,8
● 16:44	95,7	98,1	95,5	98,9	98,3	97,3
● 16:46	95,6	95,3	95,8	98,7	95,8	96,2
● 16:48	99,1	98,8	98,3	95,8	96,0	97,6
● 16:50	98,9	99,0	98,9	95,9</		

TEMPERATURA AMBIENTE						
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROEDIO
07:50	27,9	28,0	26,5	27,9	27,8	27,6
07:55	29,1	28,6	25,6	28,5	25,3	27,4
08:00	25,9	28,2	25,4	25,0	25,5	26,0
08:05	28,7	28,4	25,5	25,5	25,5	26,7
08:10	25,8	28,8	28,8	25,8	25,6	27,0
08:15	26,6	25,7	25,5	28,6	25,5	26,4
08:20	26,4	29,6	29,7	27,0	29,3	28,4
08:25	29,8	30,0	26,4	26,7	29,6	28,5
08:30	26,9	30,0	30,0	30,5	30,5	29,6
08:35	27,0	29,7	27,2	27,5	29,6	28,2
08:40	26,5	27,5	26,8	26,8	30,6	27,6
08:45	26,9	27,2	30,4	27,3	30,5	28,5
08:50	26,5	29,3	26,6	26,6	30,3	27,8
08:55	30,2	29,8	27,2	26,7	27,2	28,2
09:00	30,4	27,2	26,7	26,7	26,9	27,6
09:05	26,9	27,1	30,1	27,3	31,0	28,5
10:10	27,4	27,7	31,4	28,2	27,8	28,5
10:15	27,6	27,4	30,9	28,1	30,4	28,9
10:20	29,3	27,9	31,3	27,5	30,7	29,3
10:25	32,4	27,8	28,3	31,5	30,8	30,1
10:30	29,7	27,8	28,2	27,7	27,3	28,1
10:35	32,4	28,6	28,4	31,1	31,5	30,4
10:40	32,5	30,8	30,8	27,2	27,7	29,8
10:45	32,9	27,9	28,7	31,8	27,8	29,8
10:50	29,5	28,3	28,8	31,2	28,4	29,2
10:55	29,4	31,9	28,8	28,2	28,5	29,4
11:00	29,3	31,1	31,1	28,4	31,4	30,3
11:05	29,8	31,4	28,3	28,4	31,5	29,9
11:10	32,8	29,0	29,2	32,1	32,4	31,1
15:20	30,0	27,0	26,3	30,2	26,6	28,0
15:22	30,3	31,2	30,7	31,4	27,9	30,3
15:24	27,9	30,2	27,3	27,3	30,6	28,6
15:26	27,8	27,3	27,7	30,6	28,0	28,3
15:28	27,3	28,8	32,2	31,8	31,6	30,4
15:30	27,4	30,9	31,5	30,8	30,8	30,3
15:32	30,1	32,1	32,3	29,1	32,2	31,2
15:34	30,9	27,8	27,7	31,0	31,2	29,7
15:36	27,4	31,8	31,5	28,5	28,1	29,5
15:38	28,1	28,2	31,9	28,8	28,8	29,2
15:40	28,2	31,2	31,1	31,6	31,7	30,8
15:42	28,2	31,4	29,1	28,9	31,6	29,9
15:44	27,8	28,8	31,9	29,1	29,1	29,3
15:46	28,0	31,9	28,7	31,9	31,9	30,5
15:48	28,4	32,4	32,2	29,8	32,6	31,1
15:50	31,1	29,6	29,1	32,1	29,2	30,2
15:52	31,7	32,0	32,0	31,8	32,3	32,0
16:40	27,1	31,4	28,8	31,3	28,7	29,5
16:42	30,3	28,6	28,4	31,4	31,5	30,0
16:44	27,0	28,9	29,5	28,8	32,3	29,3
16:46	29,9	29,3	29,8	32,2	28,9	30,0
16:48	30,3	29,4	29,3	29,0	32,6	30,1
16:50	30,6	29,6	29,1	32,4	32,4	30,8
16:52	30,7	29,4	29,2	32,0	29,5	30,1
16:54	28,0	32,3	33,1	32,6	32,9	31,8
16:56	30,7	29,6	32,9	30,0	32,9	31,2
16:58	30,4	33,1	32,6	29,4	32,6	31,6
17:00	30,9	30,2	29,6	30,3	30,0	30,2
17:02	27,7	33,1	29,9	33,6	33,2	31,5

TEMPERATURA AMBIENTE						
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROEDIO
07:50	26,7	27,9	27,3	27,7	28,3	27,6
07:55	28,2	28,7	28,7	25,7	25,2	27,3
08:00	25,3	28,3	25,4	28,3	25,7	26,6
08:05	28,3	28,9	28,3	25,6	25,7	27,4
08:10	28,4	25,1	26,1	25,5	28,6	26,7
08:15	25,6	25,4	28,9	28,8	25,5	26,9
08:20	26,9	26,3	26,5	26,3	26,8	26,6
08:25	29,9	29,3	26,4	30,1	26,2	28,4
08:30	30,1	30,4	27,0	29,6	30,2	29,5
08:35	29,6	27,1	26,6	30,4	27,0	28,1
08:40	26,7	27,5	30,5	26,8	26,8	27,6
08:45	30,4	30,5	29,9	27,3	26,9	29,0
08:50	27,2	26,6	29,3	26,3	29,5	27,8
08:55	30,5	30,1	26,7	27,6	27,5	28,5
09:00	30,0	29,7	27,3	27,0	29,6	28,7
09:05	30,5	27,5	27,3	30,5	27,8	28,7
10:10	27,6	29,7	26,7	26,8	27,2	27,6
10:15	30,1	26,6	26,3	30,0	26,5	27,9
10:20	32,1	29,2	29,0	29,5	31,9	30,3
10:25	28,6	28,9	29,5	29,4	29,4	29,2
10:30	31,9	31,6	29,2	32,0	31,4	31,2
10:35	32,5	31,8	31,9	32,3	28,7	31,4
10:40	30,8	30,8	27,8	30,7	30,5	30,1
10:45	31,3	31,0	28,7	28,3	28,4	29,6
10:50	31,0	28,8	31,8	28,9	31,6	30,4
10:55	31,5	31,5	31,6	31,6	28,8	31,0
11:00	31,1	31,6	28,8	31,1	31,8	30,9
11:05	31,7	28,3	31,2	31,7	29,0	30,4
11:10	29,5	29,6	32,6	32,1	32,6	31,3
15:20	31,9	28,3	28,4	31,5	28,6	29,7
15:22	29,6	32,2	29,3	29,6	28,7	29,9
15:24	28,2	31,5	31,6	30,8	31,1	30,6
15:26	28,7	29,0	28,5	28,7	28,4	28,7
15:28	27,8	27,9	31,1	30,8	31,4	29,8
15:30	29,8	26,9	27,5	27,0	26,7	27,6
15:32	30,9	28,6	27,7	31,0	27,7	29,2
15:34	30,2	29,9	29,8	30,3	27,0	29,4
15:36	27,0	27,4	26,9	30,3	27,3	27,8
15:38	27,4	30,6	27,3	30,7	30,3	29,2
15:40	27,7	27,0	30,4	27,8	30,0	28,6
15:42	27,3	31,1	27,9	28,2	27,4	28,4
15:44	32,8	29,6	30,1	32,6	29,5	30,9
15:46	30,4	30,6	30,3	30,3	33,1	30,9
15:48	32,0	29,8	29,2	29,0	32,3	30,5
15:50	28,9	29,5	32,6	32,1	31,8	31,0
15:52	29,3	32,3	31,7	29,0	32,1	30,9
16:40	31,6	28,1	31,5	28,6	31,1	30,2
16:42	31,1	31,3	28,0	31,6	31,1	30,6
16:44	26,8	30,5	30,1	30,5	27,3	29,0
16:46	29,9	30,6	27,2	27,4	27,7	28,6
16:48	31,7	31,0	27,9	31,1	31,4	30,6
16:50	31,2	28,8	28,7	29,0	31,3	29,8
16:52	31,3	28,2	28,5	31,0	28,0	29,4
16:54	31,8	28,8	28,4	31,9	32,2	31,2
16:56	28,5	28,8	31,7	32,1	31,4	29,9
16:58	28,7	32,1	31,3	32,0	31,3	31,1
17:00	28,9	29,2	29,3	31,9	31,6	30,2
17:02	29,9	29,5	29,4	32,0	32,1	30,6

TEMPERATURA AMBIENTE						
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROEDIO
07:50	24,7	25,7	26,2	25,6	24,8	25,4
07:55	23,2	24,0	23,9	23,2	26,6	24,2
08:00	24,0	26,6	26,5	23,7	26,6	25,5
08:05	24,0	26,6	27,2	26,6	27,0	26,3
08:10	23,8	24,1	26,7	23,8	27,1	25,1
08:15	24,2	27,1	23,5	27,0	23,9	25,1
08:20	27,2	27,1	24,4	27,3	24,3	26,1
08:25	27,5	27,3	27,9	27,4	27,5	27,5
08:30	28,5	24,6	27,7	25,2	28,2	26,8
08:35	25,5	25,5	27,7	28,1	24,6	26,3
08:40	27,9	25,1	28,3	25,0	27,9	26,8
08:45	25,0	24,7	27,8	28,5	28,5	26,9
08:50	27,8	24,6	28,0	28,2	27,6	27,3
08:55	29,3	26,0	26,3	29,5	26,5	27,5
09:00	28,7	26,0	26,2	25,7	28,5	27,0
09:05	29,1	29,2	27,0	26,3	26,4	27,6
10:10	27,3	27,5	27,5	27,2	30,5	28,0
10:15	29,6	30,2	26,5	29,4	26,7	28,5
10:20	29,2	29,4	31,6	28,9	31,8	30,2
10:25	32,0	32,3	32,6	29,5	32,4	31,8
10:30	32,0	31,9	28,8	28,7	31,6	30,6
10:35	32,4	31,8	32,5	32,2	31,7	32,1
10:40	32,3	29,9	32,6	32,8	32,4	32,0
10:45	33,0	29,8	30,0	33,5	33,4	31,9
10:50	33,2	33,8	30,7	30,1	30,9	31,7
10:55	30,6	33,7	33,5	33,2	30,8	32,4
11:00	33,0	30,5	33,1	33,5	33,9	32,8
11:05	30,5	30,3	30,4	33,6	33,1	31,6
11:10	31,2	31,1	34,6	34,3	34,0	33,0
15:20	28,9	32,1	31,3	32,2	31,9	31,3
15:22	33,3	29,9	30,6	29,7	30,5	30,8
15:24	31,8	29,3	28,9	32,0	28,9	30,2
15:26	32,8	32,8	32,5	29,5	29,7	31,5
15:28	29,0	32,0	29,3	29,6	29,3	29,8
15:30	31,5	28,4	30,7	28,2	31,5	30,1
15:32	29,0	32,5	32,0	32,6	29,2	31,0
15:34	31,0	28,1	28,4	31,0	27,7	29,2
15:36	28,5	31,3	28,4	27,9	31,8	29,6
15:38	31,5	28,8	28,6	28,7	31,1	29,7
15:40	28,7	31,9	28,2	31,5	28,7	29,8
15:42	32,3	32,2	31,4	28,5	28,7	30,6
15:44	30,8	33,2	30,6	30,5	31,0	31,2
15:46	33,9	34,0	34,1	30,9	31,0	32,8
15:48	34,5	34,1	34,9	31,8	34,3	33,9
15:50	33,8	34,2	31,5	33,8	31,4	33,0
15:52	31,0	31,5	31,0	34,1	31,0	31,7
16:40	31,7	27,9	28,4	28,5	31,5	29,6
16:42	28,9	28,9	31,3	31,2	31,5	30,4
16:44	29,9	30,5	27,0	26,6	27,0	28,2
16:46	26,9	30,6	27,2	27,4	27,4	27,9
16:48	28,4	27,9	31,0	30,9	28,7	29,4
16:50	28,2	28,9	28,8	31,5	31,3	29,7
16:52	28,3	31,4	27,8	31,6	30,8	30,0
16:54	31,5	29,1	31,6	31,5	29,2	30,6
16:56	28,7	32,1	28,3	29,1	29,0	29,4
16:58	31,5	28,4	31,4	31,7	28,3	30,3
17:00	28,8	29,2	28,7	32,2	28,9	29,6
17:02	28,9					

TEMPERATURA DEL SUSTRATO							PROEDIO	TEMPERATURA DEL SUSTRATO							PROEDIO	TEMPERATURA DEL SUSTRATO							PROEDIO
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	HORA		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	HORA	DIA 1		DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5				
○ 07:50	28,0	27,0	27,1	26,6	26,4	27,0	○ 07:50	27,7	26,9	27,4	26,1	28,0	27,2	○ 07:50	28,1	28,8	27,3	27,6	27,8	27,9			
○ 07:55	26,1	26,1	28,7	28,5	25,7	27,0	○ 07:55	29,4	25,8	25,7	26,3	29,1	27,3	○ 07:55	30,2	26,9	27,0	26,6	27,1	27,6			
○ 08:00	25,4	24,9	24,9	27,9	24,8	25,6	○ 08:00	28,1	25,7	25,6	28,0	25,4	26,5	○ 08:00	29,6	26,6	29,2	29,6	28,8	28,8			
○ 08:05	25,5	28,5	29,3	28,9	25,6	27,6	○ 08:05	26,0	26,0	28,7	26,1	26,3	26,6	○ 08:05	26,7	26,7	26,4	26,5	26,9	26,6			
○ 08:10	29,1	29,3	26,1	29,4	29,0	28,6	○ 08:10	29,9	26,6	26,4	29,7	29,2	28,4	○ 08:10	27,0	30,4	30,3	30,3	27,0	29,0			
○ 08:15	25,4	25,9	25,2	25,9	29,2	26,3	○ 08:15	28,4	28,4	25,9	28,4	29,0	28,0	○ 08:15	27,6	31,2	31,0	30,3	27,3	29,5			
○ 08:20	27,1	30,6	27,2	27,5	29,8	28,4	○ 08:20	27,2	30,1	29,8	30,5	30,1	29,6	○ 08:20	29,1	29,0	28,7	32,3	32,4	30,3			
○ 08:25	27,8	30,8	30,2	30,3	26,9	29,2	○ 08:25	30,2	27,2	30,5	27,4	27,8	28,6	○ 08:25	29,0	31,9	29,2	32,7	29,0	30,4			
○ 08:30	31,0	27,4	27,4	30,6	27,7	28,8	○ 08:30	31,2	30,4	27,7	28,1	27,8	29,0	○ 08:30	33,7	31,0	30,9	31,1	33,9	32,2			
○ 08:35	28,7	25,3	25,9	25,2	25,5	26,1	○ 08:35	27,8	27,8	27,4	27,0	30,4	28,1	○ 08:35	28,5	31,1	28,1	28,0	31,5	29,4			
○ 08:40	29,2	25,6	28,9	28,8	28,6	28,2	○ 08:40	28,7	31,9	28,6	29,1	31,6	30,0	○ 08:40	32,1	28,9	28,6	28,6	29,2	29,5			
○ 08:45	28,9	28,6	29,3	25,7	29,3	28,4	○ 08:45	28,7	31,8	28,5	32,1	28,8	30,0	○ 08:45	28,9	31,9	29,2	32,1	31,6	30,7			
○ 08:50	29,2	26,5	26,1	25,9	29,7	27,5	○ 08:50	29,1	31,8	28,9	32,7	29,3	30,4	○ 08:50	31,9	32,2	32,3	29,5	32,0	31,6			
○ 08:55	28,6	28,1	25,3	25,7	25,8	26,7	○ 08:55	28,3	31,2	30,9	31,1	31,4	30,6	○ 08:55	31,5	28,7	31,3	28,8	31,5	30,4			
○ 09:00	28,0	28,4	24,7	27,9	28,2	27,4	○ 09:00	28,8	32,3	32,1	29,1	32,1	30,9	○ 09:00	31,2	31,2	27,7	28,0	31,1	29,8			
○ 09:05	28,8	28,3	24,9	25,2	28,3	27,1	○ 09:05	32,4	32,1	32,4	32,0	32,1	32,2	○ 09:05	28,1	31,2	28,3	31,0	28,6	29,4			
○ 10:10	27,0	29,7	27,3	27,2	29,8	28,2	○ 10:10	29,5	32,5	32,3	28,8	28,9	30,4	○ 10:10	33,4	33,3	30,5	33,3	33,3	32,8			
○ 10:15	28,1	28,1	30,6	27,3	31,3	29,1	○ 10:15	31,0	34,2	33,9	34,2	33,5	33,4	○ 10:15	31,2	31,0	30,5	27,8	30,7	30,3			
○ 10:20	31,3	30,8	33,7	34,0	31,3	32,2	○ 10:20	30,6	33,7	30,7	33,9	34,2	32,6	○ 10:20	31,6	34,0	30,6	31,1	33,6	32,2			
○ 10:25	33,2	30,7	30,3	33,4	30,0	31,5	○ 10:25	30,8	30,3	30,4	33,4	30,1	31,0	○ 10:25	33,7	33,0	33,6	33,7	30,3	32,9			
○ 10:30	30,0	33,1	30,2	30,3	32,7	31,3	○ 10:30	30,6	30,1	30,4	33,3	33,1	31,5	○ 10:30	30,3	30,1	30,4	33,5	33,3	31,5			
○ 10:35	30,5	33,1	33,7	33,3	34,0	32,9	○ 10:35	30,4	30,4	30,2	33,3	30,7	31,0	○ 10:35	33,4	30,6	30,8	33,2	33,9	32,4			
○ 10:40	30,9	27,5	31,1	30,5	27,6	29,5	○ 10:40	31,5	32,0	28,6	29,1	29,0	30,0	○ 10:40	27,3	28,0	28,1	30,7	27,2	28,3			
○ 10:45	27,7	27,0	27,5	30,2	27,7	28,0	○ 10:45	29,8	29,7	32,6	29,2	32,5	30,8	○ 10:45	30,2	30,7	27,0	27,6	30,3	29,2			
○ 10:50	27,0	27,0	27,0	27,2	29,6	27,6	○ 10:50	28,9	28,7	31,5	31,9	28,8	30,0	○ 10:50	27,0	30,4	30,3	26,6	26,9	28,2			
○ 10:55	31,0	30,7	30,8	30,8	30,7	30,8	○ 10:55	32,5	32,4	33,1	29,7	33,1	32,2	○ 10:55	27,8	27,9	27,2	30,3	30,6	28,7			
○ 11:00	27,6	28,1	31,1	28,1	31,1	29,2	○ 11:00	30,4	29,8	29,9	32,7	33,2	31,2	○ 11:00	30,6	27,8	27,7	31,1	27,9	29,0			
○ 11:05	31,1	31,8	31,7	28,4	31,3	30,9	○ 11:05	33,0	33,3	33,6	32,9	33,2	33,2	○ 11:05	28,8	31,0	31,3	28,0	31,3	30,1			
○ 11:10	31,5	29,4	31,6	32,4	29,3	30,9	○ 11:10	33,2	32,7	33,1	33,3	33,1	33,1	○ 11:10	32,0	29,2	31,4	28,9	28,6	30,0			
● 15:20	29,8	29,8	32,9	32,3	29,1	30,8	● 15:20	32,3	32,6	32,9	29,1	29,3	31,2	● 15:20	32,5	32,1	32,1	32,7	32,8	32,4			
● 15:22	29,1	32,5	28,6	29,1	32,2	30,3	● 15:22	32,3	28,7	31,6	29,2	32,2	30,8	● 15:22	31,9	32,0	32,4	29,3	32,3	31,6			
● 15:24	31,9	31,7	28,9	32,2	32,1	31,3	● 15:24	29,0	31,5	29,2	31,4	28,9	30,0	● 15:24	28,9	28,4	31,9	31,8	31,9	30,6			
● 15:26	32,3	29,2	32,1	32,5	32,3	31,7	● 15:26	28,9	29,4	32,5	32,7	29,3	30,6	● 15:26	32,6	29,3	28,8	32,0	32,1	31,0			
● 15:28	28,9	31,9	28,7	29,2	32,0	30,1	● 15:28	31,9	29,2	31,6	29,2	29,3	30,2	● 15:28	31,6	29,1	28,7	32,0	31,6	30,6			
● 15:30	28,1	30,5	27,5	27,8	27,9	28,4	● 15:30	28,0	28,0	28,1	31,1	28,0	28,6	● 15:30	31,1	27,6	27,9	27,9	31,0	29,1			
● 15:32	27,9	30,9	27,3	30,8	30,8	29,6	● 15:32	27,8	30,7	30,3	31,2	31,2	30,2	● 15:32	30,9	30,3	27,4	30,7	27,7	29,4			
● 15:34	31,2	28,9	28,7	31,5	28,3	29,7	● 15:34	28,8	32,1	28,9	32,0	28,3	30,0	● 15:34	28,5	31,8	32,1	31,8	28,4	30,5			
● 15:36	27,5	27,9	30,7	27,5	28,3	28,4	● 15:36	30,6	27,9	28,3	30,7	30,8	29,7	● 15:36	30,7	28,2	28,1	28,1	31,0	29,2			
● 15:38	31,2	27,8	28,1	27,9	28,3	28,7	● 15:38	29,0	32,2	29,3	32,1	29,2	30,4	● 15:38	31,6	27,9	31,4	28,4	30,9	30,0			
● 15:40	27,7	30,5	27,9	27,9	30,6	28,9	● 15:40	28,2	31,5	31,3	31,3	31,8	30,8	● 15:40	28,1	30,3	28,0	30,2	27,5	28,8			
● 15:42	27,3	30,2	30,3	26,9	27,1	28,4	● 15:42	29,2	29,1	29,2	32,4	29,6	29,9	● 15:42	29,9	27,0	27,6	27,6	27,9	28,0			
● 15:44	29,2	32,2	28,9	29,1	29,1	29,7	● 15:44	29,8	33,2	32,7	32,5	32,7	32,2	● 15:44	32,0	28,9	32,3	29,0	31,9	30,8			
● 15:46	33,1	30,1	32,9	30,4	30,4	31,4	● 15:46	29,9	29,9	30,1	32,8	30,5	30,6	● 15:46	33,5	33,0	33,2	33,2	33,0	33,2			
● 15:48	32,7	32,8	30,1	33,2	30,3	31,8	● 15:48	32,5	32,7	30,4	29,6	33,4	31,7	● 15:48	33,0	32,5	30,4	32,9	30,2	31,8			
● 15:50	29,1	29,2	29,7	29,0	29,8	29,4	● 15:50	29,1	29,8	32,8	32,4	29,4	30,7	● 15:50	29,3	32,6	29,7	29,4	32,3	30,6			
● 15:52	33,6	30,9	33,5	30,5	33,3	32,3	● 15:52	30,3	33,5	34,0	30,9	30,8	31,9	● 15:52	33,7	33,9	30,4	30,5	30,3	31,8			
● 16:40	29,1	32,3	29,4	32,8	32,8	31,3	● 16:40	29,5	29,9	29,8	32,0	32,0	30,6	● 16:40	32,0	31,9	29,2	32,2	29,9	31,0			
● 16:42	29,6	33,0	32,8	29,2	29,7	30,9	● 16:42	29,7	29,2	32,6	32,2	32,4	31,2	● 16:42	29,3	29,9	29,9	30,0	32,3	30,3			
● 16:44	32,3	29,6	32,7	32,6	29,2	31,3	● 16:44	32,5	30,0	29,3	32,3	32,3	31,3	● 16:44	33,1	32,8	29,4	32,8	29,2	31,5			
● 16:46	29,8	30,0	29,1	30,0	29,2	29,6	● 16:46	29,9	32,5	32,4	32,2	29,6	31,3	● 16:46	33,0	29,7	32,5	32,2	30,1	31,5			
● 16:48	32,9	29,8	29,8	32,8	30,5	31,2	● 16:48	29,6	30,2	30,0	32,5	33,2	31,1	● 16:48	30,4	29,6	33,5	29,7	30,0	30,6			
● 16:50	33,2	30,2	32,9	29,9	30,4	31,3	● 16:50	30,5	30,4	30,0	30,0	33,4	30,9	● 16:50	29,8	32,9	33,2	30,6	33,4	32,0			
● 16:52	30,1	30,3	33,7	29,9	29,9	30,8	● 16:52	30,2	30,5	33,1	30,0	30,7	30,9	● 16:52	30,0	29,9	33,5	33,7	33,4	32,1			
● 16:54	33,0	29,9	30,0	33,3	29,8	31,2	● 16:54	32,8	30,2	32,9	33,2	29,6	31,7	● 16:54	32,8	33,5	29,7	32,8	30,0	31,8			
● 16:56	30,5	33,3	29,6	29,6	33,3	31,3	● 16:56	30,3	29,8	32,9	33,0	32,7	31,7	● 16:56	33,1	33,8	32,6	33,5	33,3	33,1			
● 16:58	30,0	32,6	32,8	29,1	29,7	30,9	● 16:58	29,3	29,6	32,7	29,3	33,1	30,8	● 16:58	29,5	29,9	29,7	32,7	29,6	30,3			
● 17:00	32,3	30,2	29,3	29,6	30,2	30,3	● 17:00	32,4	32,3	30,2	30,0	30,0	31,0	● 17:00	32,6	32,6	32,4	30,1	29,8	31,5			
● 17:02	29,4	29,2	29,1	32,2	30,0	30,0	● 17:02	32,3	29,1	32,1	32,9	30,0	31,3	● 17:02	32,3	32,2	32,1	32,6	29,4	31,7			

TEMPERATURA DE ROCIO						
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROEDIO
07:50	26,2	25,4	26,0	25,4	24,9	25,6
07:55	23,5	23,9	23,8	26,2	23,9	24,3
08:00	26,6	26,8	23,6	27,1	23,8	25,6
08:05	28,1	24,7	24,7	25,3	24,6	25,5
08:10	27,6	26,8	24,5	27,2	27,5	26,7
08:15	24,7	25,2	24,9	24,5	27,6	25,4
08:20	25,5	25,5	28,8	25,5	28,3	26,7
08:25	27,5	27,4	27,5	27,0	29,8	27,9
08:30	30,0	27,4	30,3	27,2	30,1	29,0
08:35	25,6	27,9	28,0	25,3	25,4	26,5
08:40	28,6	25,6	28,2	28,0	25,1	27,1
08:45	29,6	30,0	26,2	26,3	26,3	27,7
08:50	28,3	28,9	25,9	26,1	29,1	27,7
08:55	26,0	28,6	25,3	29,1	28,2	27,5
09:00	29,0	26,4	26,2	25,6	25,7	26,6
09:05	28,8	28,8	25,8	29,6	26,2	27,9
10:10	25,7	28,3	25,7	28,5	28,1	27,3
10:15	29,9	29,7	26,9	26,9	26,6	28,0
10:20	27,0	27,0	29,8	29,7	27,7	28,3
10:25	31,3	28,6	28,1	28,4	28,0	28,9
10:30	31,4	27,7	28,1	27,5	27,4	28,4
10:35	31,2	28,3	28,2	31,5	27,8	29,4
10:40	26,0	26,4	29,1	26,5	25,8	26,7
10:45	27,5	30,8	27,3	27,5	30,1	28,6
10:50	27,2	27,7	27,3	30,7	30,7	28,7
10:55	29,0	28,7	25,8	26,1	25,6	27,1
11:00	29,7	30,1	27,1	29,8	30,5	29,4
11:05	29,6	26,9	26,8	30,3	29,8	28,7
11:10	30,5	28,0	27,3	27,7	28,1	28,3
15:20	26,5	26,4	25,9	26,1	26,1	26,2
15:22	29,2	26,9	29,9	26,6	26,1	27,7
15:24	28,4	25,9	25,5	25,8	28,9	26,9
15:26	29,1	29,6	28,8	26,6	29,4	28,7
15:28	28,5	28,8	26,2	28,6	29,3	28,3
15:30	24,7	24,8	27,7	24,7	28,3	26,0
15:32	26,1	25,4	28,7	26,1	26,2	26,5
15:34	25,9	28,4	25,9	25,9	25,8	26,4
15:36	28,9	25,5	29,3	29,2	25,4	27,7
15:38	29,5	28,6	26,1	26,1	28,6	27,8
15:40	26,9	26,7	29,9	26,3	26,7	27,3
15:42	25,5	25,9	29,0	29,2	25,8	27,1
15:44	27,9	30,8	30,5	30,5	30,2	30,0
15:46	28,3	28,4	27,6	31,4	31,2	29,4
15:48	31,6	28,0	28,4	27,7	30,7	29,3
15:50	32,1	32,6	28,6	32,1	32,1	31,5
15:52	31,9	29,3	28,9	29,4	32,1	30,3
16:40	30,6	27,6	30,0	30,8	27,2	29,2
16:42	27,3	30,2	30,3	27,2	29,8	28,9
16:44	30,2	30,5	27,3	27,1	26,7	28,4
16:46	30,6	27,3	27,4	30,3	30,0	29,1
16:48	27,1	29,4	30,0	27,3	29,4	28,7
16:50	27,0	27,2	26,6	30,3	27,3	27,7
16:52	29,7	30,1	27,1	29,8	26,8	28,7
16:54	27,2	30,0	30,1	27,8	27,7	28,6
16:56	31,8	31,3	28,3	31,4	31,0	30,8
16:58	27,8	27,5	27,3	30,6	27,2	28,1
17:00	28,2	30,6	30,9	30,8	28,4	29,8
17:02	31,4	31,6	28,2	28,3	28,4	29,6

TEMPERATURA DE ROCIO						
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROEDIO
07:50	27,5	27,5	28,3	28,1	27,4	27,8
07:55	28,5	28,5	28,6	28,9	25,7	28,0
08:00	25,4	28,9	28,9	28,3	29,2	28,1
08:05	29,3	26,0	26,3	29,0	26,0	27,3
08:10	25,2	24,7	27,7	28,2	25,0	26,2
08:15	29,6	29,7	29,3	26,7	29,4	28,9
08:20	26,5	29,0	28,9	26,3	29,7	28,1
08:25	30,5	27,5	30,3	26,8	30,5	29,1
08:30	29,2	26,1	26,7	29,6	26,3	27,6
08:35	29,7	29,4	29,1	26,0	29,0	28,6
08:40	28,2	25,3	28,1	25,1	28,9	27,1
08:45	27,0	29,3	29,7	26,8	26,3	27,8
08:50	26,6	27,2	30,1	26,2	26,8	27,4
08:55	29,0	28,5	28,6	25,9	25,5	27,5
09:00	25,8	28,7	29,2	26,3	26,3	27,3
09:05	29,8	27,0	30,3	29,8	30,1	29,4
10:10	26,5	29,3	29,2	26,8	26,5	27,7
10:15	27,2	30,8	27,3	30,5	30,2	29,2
10:20	30,4	30,1	29,8	30,0	27,7	29,6
10:25	31,5	28,2	28,0	30,9	28,1	29,3
10:30	28,0	28,2	28,0	31,1	31,1	29,3
10:35	27,8	27,6	31,3	31,0	31,0	29,7
10:40	29,2	25,8	28,7	26,3	29,4	27,9
10:45	27,8	27,8	30,1	30,8	30,8	29,5
10:50	27,4	30,4	30,6	30,7	30,0	29,8
10:55	25,9	25,7	29,0	25,8	28,9	27,1
11:00	27,5	26,8	30,4	30,3	27,5	28,5
11:05	30,2	26,9	29,4	29,4	30,3	29,2
11:10	31,2	27,5	30,3	31,0	28,0	29,6
15:20	29,6	29,7	29,0	26,0	25,9	28,0
15:22	29,6	26,9	26,3	26,5	29,3	27,7
15:24	25,4	25,3	25,3	25,0	25,6	25,3
15:26	26,7	26,2	26,4	29,4	29,4	27,6
15:28	26,0	25,6	29,4	28,8	29,4	27,8
15:30	28,2	27,8	24,7	28,3	28,5	27,5
15:32	29,1	25,9	28,3	28,7	25,9	27,6
15:34	29,0	25,5	28,8	25,7	28,2	27,5
15:36	28,8	28,8	29,0	28,4	29,1	28,8
15:38	25,6	28,9	28,8	28,9	29,3	28,3
15:40	26,6	29,2	26,3	26,3	27,0	27,1
15:42	26,0	26,2	25,5	25,7	26,3	25,9
15:44	27,0	27,3	30,2	27,4	30,5	28,5
15:46	28,0	30,8	27,6	27,8	30,6	28,9
15:48	31,0	28,1	30,8	30,6	31,4	30,4
15:50	29,3	28,7	32,2	29,1	31,7	30,2
15:52	32,5	31,6	29,2	32,2	31,7	31,4
16:40	30,9	27,5	27,0	27,2	30,6	28,6
16:42	29,8	29,9	29,9	29,7	29,9	29,8
16:44	27,2	26,8	29,6	27,5	26,9	27,6
16:46	30,6	27,5	30,0	26,7	30,1	29,0
16:48	29,5	26,5	26,8	26,4	26,3	27,1
16:50	27,3	27,4	30,2	30,3	30,3	29,1
16:52	30,0	26,6	27,1	27,3	29,9	28,2
16:54	30,1	27,2	29,9	27,4	27,1	28,3
16:56	28,8	31,1	28,1	28,8	31,3	29,6
16:58	30,4	30,1	27,5	30,1	27,1	29,0
17:00	31,5	31,1	30,7	31,3	30,6	31,0
17:02	31,6	28,2	28,0	31,4	27,8	29,4

TEMPERATURA DE ROCIO						
HORA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	PROEDIO
07:50	25,0	24,6	24,2	24,2	25,2	24,6
07:55	22,3	22,2	25,6	26,0	25,4	24,3
08:00	23,0	23,3	25,6	25,8	22,8	24,1
08:05	27,2	27,1	24,4	23,8	24,2	25,3
08:10	26,6	26,4	26,2	23,1	26,3	25,7
08:15	23,6	26,9	24,0	26,6	23,6	24,9
08:20	27,7	24,0	24,2	24,2	23,9	24,8
08:25	29,0	29,1	25,9	26,5	29,5	28,0
08:30	28,6	25,0	28,0	28,8	28,6	27,8
08:35	25,8	23,4	26,2	26,6	26,0	25,6
08:40	23,2	23,8	23,9	23,2	23,1	23,4
08:45	24,8	24,1	27,4	27,4	27,7	26,3
08:50	26,8	23,8	26,8	26,5	23,6	25,5
08:55	27,1	27,0	23,7	23,8	23,8	25,1
09:00	23,7	24,4	26,7	23,5	24,0	24,5
09:05	25,7	25,2	25,1	25,3	24,8	25,2
10:10	24,5	24,8	26,9	26,9	24,2	25,5
10:15	25,8	28,4	28,9	25,4	25,1	26,7
10:20	26,6	29,7	28,8	28,9	26,1	28,0
10:25	27,6	30,5	30,5	30,4	30,4	29,9
10:30	27,1	26,9	29,7	26,5	26,5	27,4
10:35	27,7	31,4	30,6	28,1	28,4	29,2
10:40	26,2	29,0	26,1	28,8	29,2	27,9
10:45	30,4	28,0	30,7	30,7	27,7	29,5
10:50	27,6	30,2	30,8	30,8	27,6	29,4
10:55	25,5	25,5	28,5	25,8	25,4	26,2
11:00	29,9	30,0	27,5	26,8	30,1	28,8
11:05	26,6	29,7	29,4	30,1	29,8	29,1
11:10	28,0	27,2	30,3	31,1	27,7	28,9
15:20	29,5	26,3	26,7	29,2	29,3	28,2
15:22	26,0	29,4	26,7	29,4	26,7	27,6
15:24	28,3	25,3	28,4	25,9	28,7	27,3
15:26	26,2	26,5	26,4	29,6	26,0	27,0
15:28	29,3	25,7	26,0	26,1	29,2	27,3
15:30	24,7	28,3	25,0	28,1	28,5	26,9
15:32	28,3	25,7	28,6	28,5	28,6	28,0
15:34	29,0	25,7	25,4	25,4	25,4	26,2
15:36	25,6	26,1	29,0	26,0	25,9	26,5
15:38	29,0	28,9	25,6	25,6	28,5	27,5
15:40	29,6	30,0	27,0	29,7	27,0	28,6
15:42	28,6	26,1	25,7	26,2	28,4	27,0
15:44	27,5	27,0	27,8	30,5	27,4	28,1
15:46	24,4	25,3	27,9	24,9	27,7	26,0
15:48	28,5	27,9	25,5	25,4	28,4	27,1
15:50	26,2	25,8	29,5	25,9	29,2	27,3
15:52	29,1	26,1	29,0	29,3	29,5	28,6
16:40	27,5	27,2	30,8	27,0	30,2	28,5
16:42	27,5	29,7	26,6	26,9	29,7	28,1
16:44	27,3	29,7	30,2	30,3	27,2	28,9
16:46	27,7	29,8	30,0	30,1	30,6	29,6
16:48	30,2	30,0	26,8	26,6	29,9	28,7
16:50	30,5	26,8	27,0	30,5	27,0	28,3
16:52	30,3	30,5	30,6	26,8	27,2	29,1
16:54	27,6	30,2	30,1	27,3	27,6	28,5
16:56	28,8	28,7	28,1	31,1	28,6	29,1
16:58	27,3	27,6	30,2	30,5	30,5	29,2
17:00	30,7	28,5	27,6	27,8	30,6	29,0
17:02	28,7					

La anterior tabla nos ilustra el comportamiento de las variables examinadas en tiempo real.

Los promedios de los datos anteriormente ilustrados, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8: Resultados del promedio de datos

% HUMEDAD RELATIVA	96,2
TEMPERATURA AMBIENTE	29,4
TEMPERATURA DE SUPERFICIE	30,1
TEMPERATURA DE ROCIO	27,9

Fuente propia

De la anterior tabla se puede inferir acerca de las condiciones medias dentro de un tanque de una embarcación, como primera medida se observa los altos valores de humedad relativa presentes que sirven como nicho para posibles focos de corrosión, poniendo en riesgo el deterioro de una preparación de superficie en un espacio confinado. Otro factor a tener en cuenta es la diferencia que existe entre la temperatura de rocío y la de superficie que no supera los tres grados, lo que imposibilita la aplicación de un recubrimiento.

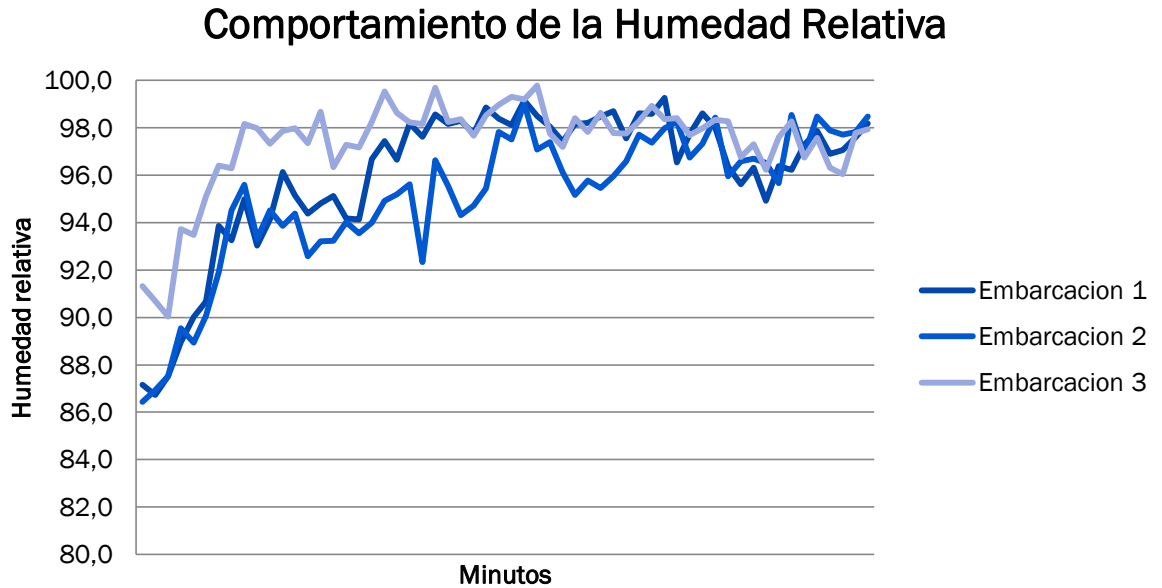
7.2.1 ANÁLISIS DE LA HUMEDAD RELATIVA

El valor máximo medido de la humedad relativa fue de 100% y el rango de horas a las que más se presentan altos valores de humedad relativa, fue de las diez de la mañana a las tres de la tarde.

Estos resultados muestran que existen rangos de horas en el día donde la saturación de humedad en el aire es total, brindando las condiciones necesarias para que esa gran cantidad de humedad reaccione con los contaminantes de la superficie y se genere una celda de corrosión.

En la siguiente gráfica se observa el comportamiento de la humedad relativa en los días de prueba.

Figura 11: Comportamiento de la humedad relativa



Fuente propia

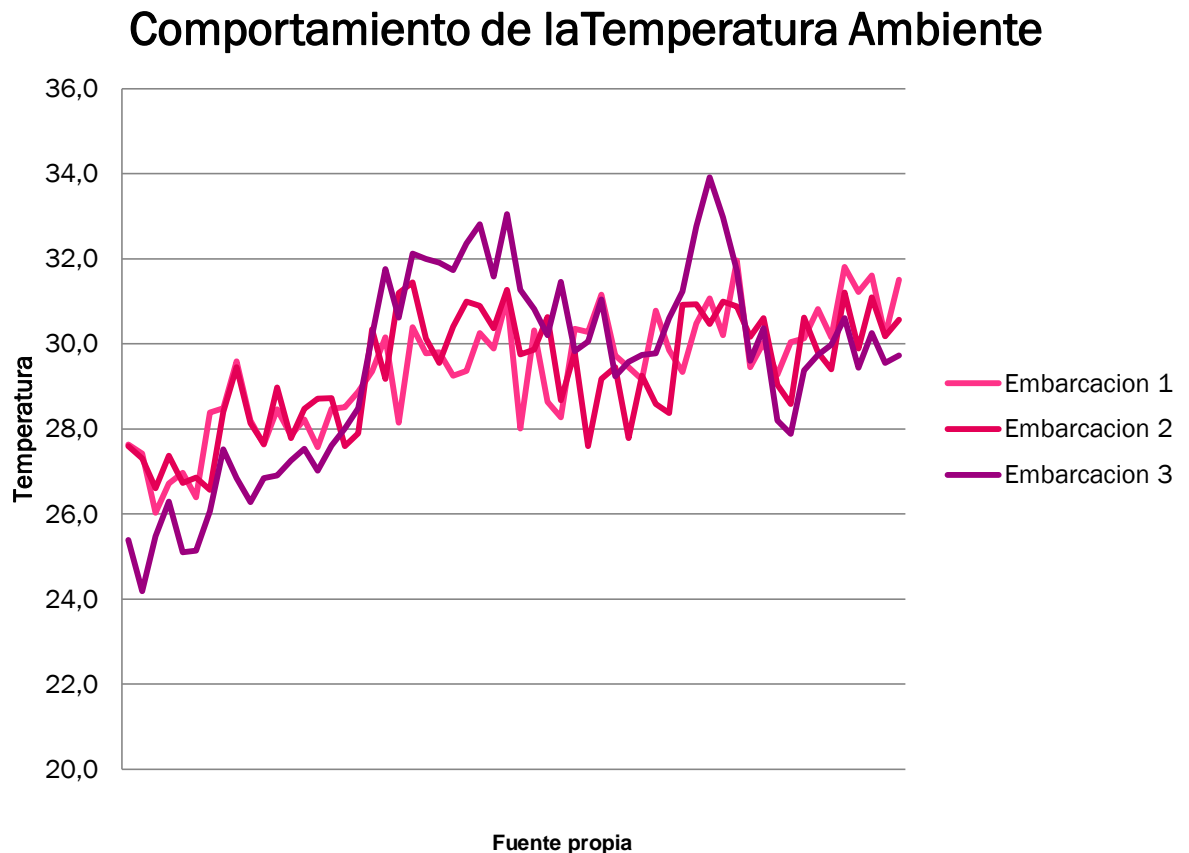
Aquí se observa un comportamiento lineal con pendiente positiva, por lo que se infiere que a lo largo del día la humedad presente en los espacios confinados aumenta, ahora si comparamos la humedad relativa en relación a la temperatura ambiente, obtenemos lo siguiente.

7.2.2 ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

La temperatura ambiente es aquella que se mide del ambiente circundante, en el caso de un espacio cerrado varia con respecto a la temperatura exterior, la temperatura interna está gobernada por la externa, así que de manera que como se comporte la temperatura del día va a estar relacionada con lo que pasa dentro de un tanque.

Para el caso concreto de esta prueba, las mediciones se realizaron en varios días calurosos (normal para el clima tropical de Cartagena).

Figura 12: Comportamiento de la temperatura ambiental

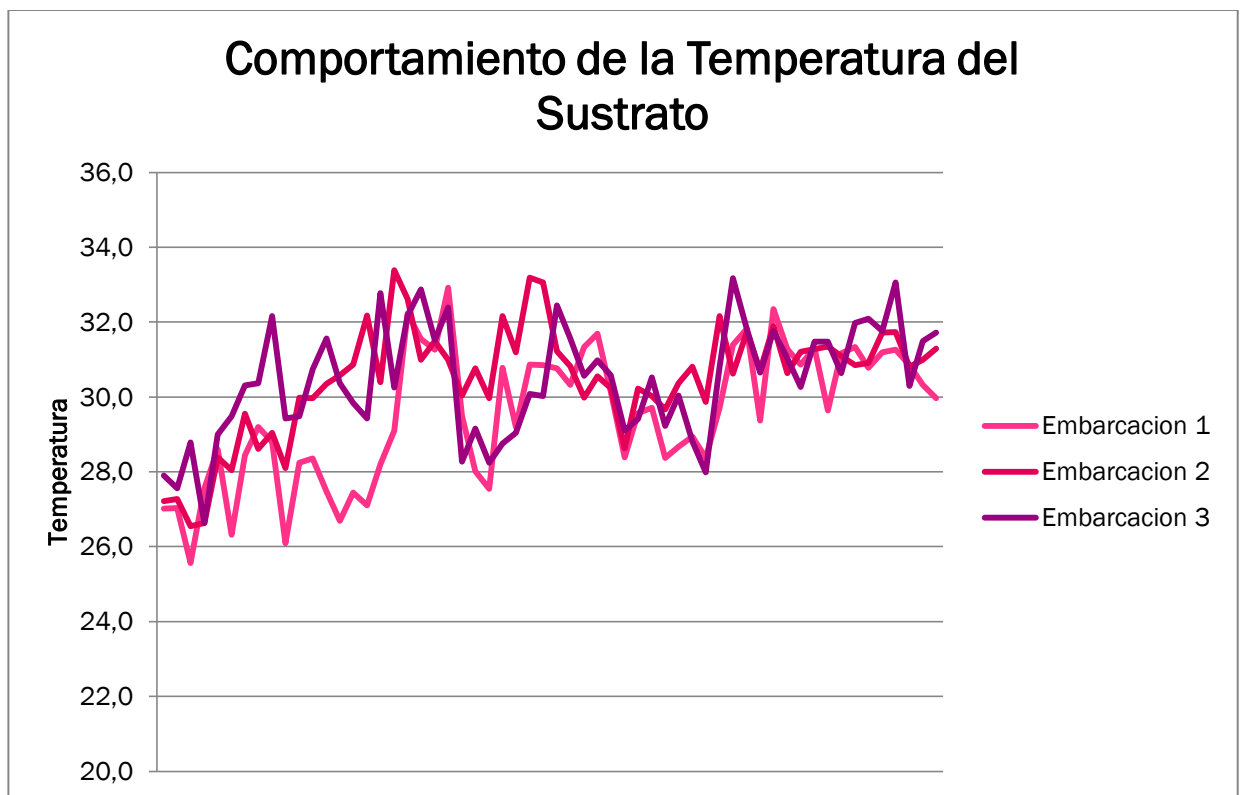


En la anterior grafica se observa un comportamiento lineal creciente, tomando en cuenta que las medidas fueron tomadas con cinco minutos de tiempo una de otra se puede afirmar que a medida que avanza el día el sol afecta directamente sobre la lámina de acero del buque haciendo que la temperatura interna del tanque se eleve, comenzando con medidas desde los 27,5°C hasta los 31°C.

7.2.3 ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE

La temperatura de la superficie es aquella que como su nombre lo indica se mide en la superficie interna de la lámina del espacio confinado, usualmente en grados centígrados (°C), el comportamiento obtenido de dicha temperatura durante el desarrollo de las pruebas es el siguiente:

Figura 13: Comportamiento de temperatura de superficie



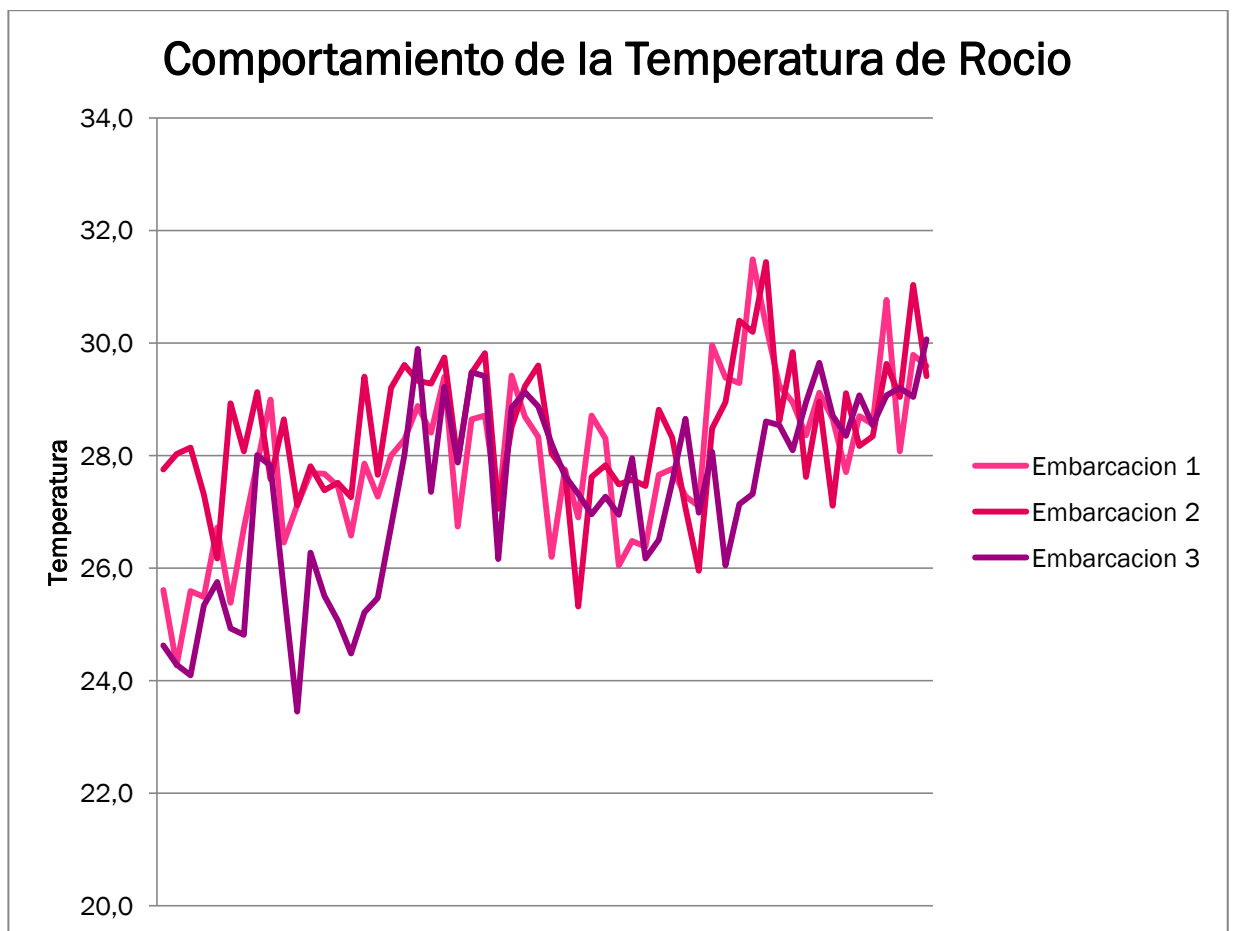
Fuente propia

De la gráfica anterior se observa un comportamiento que aunque es lineal como los anteriores, denota mayor variabilidad y con tendencia a permanecer en valores constantes, esto lo que muestra es que a medida que el buque se expone a los rayos del sol en el transcurso del día la lámina de acero absorbe ese calor y lo mantiene de manera más constante.

7.2.4 ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DE ROCÍO

El punto de rocío es una medida de humedad a partir de la cual el vapor de agua comienza a condensarse en forma de pequeñas gotitas de agua sobre la superficie, como bien se sabe a la hora de aplicar pintura no debe haber partículas de agua presente ya que esto afectaría el anclaje de dicho recubrimiento por lo anterior como medida de aseguramiento entre la temperatura de superficie y la temperatura de rocío debe haber un margen de tres grados centígrados.

Figura 14: Comportamiento de temperatura de rocío



Fuente propia

Estos factores analizados anteriormente (HR, Ta, Ts, Td) son los que afectan directamente sobre la lámina de acero descubierta dentro de un tanque de un buque, es por esto que es importante saber cómo se comportan estas variables.

7.3 MEDICIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES SOBRE EL ACERO DESCUBIERTO DE UN TANQUE

Para poder apreciar el efecto de la humedad relativa sobre una superficie desprotegida, el equipo investigador propuso la idea de realizar unas pruebas demostrativas bajo las condiciones reales en las que se da el proceso de sandblasting en espacios confinados, para esto se cortaron láminas de acero naval y se introdujeron en tanques bajo condiciones medidas que propicien la aparición de oxidación repentina (flash rust) que impida la aplicación de recubrimiento sin un repaso o preparación de superficie previo.

Para estas pruebas se utilizaron dos tipos de láminas, láminas de acero nuevo y láminas de tanques de lastre residuales de un buque.

7.3.1 MEDICIÓN EN ACEROS NUEVOS

Para esta prueba se tomaron tres láminas pequeñas de acero que nunca han tenido contacto con el mar. Hay que tener en cuenta que se está hablando de láminas de acero que como producto de los procesos de laminado en la planta donde lo fabricaron, al este tener un primer contacto en el aire, se forma inmediatamente una capa protectora llamada calamina, la cual protege temporalmente la superficie de la corrosión y de contaminantes ambientales. A las láminas de acero se les realizó una preparación de superficie grado casi blanco

SSPC SP10 y se procedió a introducirlas dentro de un tanque que presentaba las siguientes condiciones:

Tabla 9: Condiciones ambientales dentro del tanque

Humedad Relativa	96,8%
Temperatura Ambiente	32,4°C
Temperatura de la Superficie	38,1°C
Temperatura de Rocío	31,9°C

Fuente propia

Las láminas se dispusieron de la siguiente manera: una se introdujo en el tanque, otra se dejó a la intemperie y la última se dejó en un ambiente controlado con aire acondicionado, las humedades a las que estuvieron expuestas fueron las siguientes:

Tabla 10: Valores de humedad en diferentes ambientes

Tanque	96,85%
Exterior	81%
Ambiente controlado	62%

Fuente propia.

Después de un día de exposición las tres láminas no presentaron diferencia entre una y otra, pues la lámina expuesta a la alta humedad no se oxidó como se esperaba.

Imagen 27: Láminas nuevas expuestas a la humedad

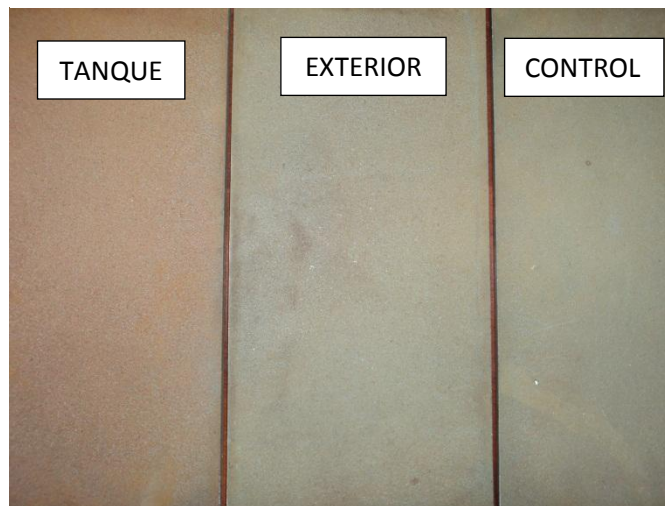


Fuente propia

Este resultado muestra que los valores de humedad relativa por encima de 80% no fueron necesarios para que se formara el proceso de corrosión y esto es debido a que no se incluyeron otros factores como es el caso de los contaminantes superficiales que se presentan en los tanques de las embarcaciones como es el caso del agua de mar que con su gran presencia de sales marinas y de microorganismos impregnan la superficie creando un ambiente más agresivo para que se dé el fenómeno de la corrosión.

Para poner a prueba el efecto de las sales y la contaminación sobre las láminas, estas se sumergieron en el mar por un minuto, seguidamente fueron retiradas y expuestas en las mismas condiciones anteriores, esto para que las láminas que nunca habían tenido contacto con los contaminantes marinos se impregnaran en la superficie y estos puedan reaccionar con la humedad relativa y de esta forma aumentar la conductividad del electrolito y acelerar la reacción de la corrosión. Los resultados se muestran a continuación:

Imagen 28: Láminas contaminadas expuestas a diferentes valores de humedad





Fuente propia

Haciendo un acercamiento a las tres laminas se ve claramente una diferencia en cuanto al grado de oxidación por la tonalidad del mismo óxido, la lámina expuesta a la alta humedad presenta un color marrón, la que se dejó a la intemperie presente una leve oxidación repentina, mientras que la que se dejó en el ambiente más seco mantuvo la preparación de superficie que se le realizó.

La diferencia que existe entre la prueba anterior y esta radica en que debido a que se realizaron sobre aceros nuevos, que nunca han tenido contacto con sales marinas y demás contaminantes que hay en el ambiente, no hay presencia de sales ferrosas y contaminantes ambientales que no se eliminan en un proceso de lavado a presión o de preparación de superficie, esta contaminación al entrar en acción con la alta humedad hace que se produzca la reacción de oxidación y brote en forma de óxido.

7.3.2 MEDICIÓN EN ACEROS USADOS

Para esta muestra se tomaron seis láminas de acero residual de algún proceso de cambio en un tanque de lastre de alguna embarcación, por lo que las láminas presentaban un avanzado grado de corrosión y por el uso que tenían poseían contaminación por el medio en el que se encontraban.

Imagen 29: Láminas de acero usadas



Fuente propia

Se les realizó una preparación de superficie grado casi blanco (norma SSPC SP10):

Imagen 30: Láminas usadas después del Sandblasting



Fuente propia.

Cuatro de estas seis láminas se introdujeron en un tanque bajo las siguientes condiciones:

Tabla 11: Condiciones ambientales de la prueba de aceros usados

Humedad Relativa	94,9%
Temperatura Ambiente	29,1°C
Temperatura de la Superficie	29,1°C
Temperatura de Rocío	28,2°C

Fuente: Diseño propio.

Imagen 31: Prueba de láminas usadas en el tanque



Fuente Propia

El resto de las láminas se dejaron en una oficina con aire acondicionado cuya humedad relativa era de 62%. El tiempo de exposición fue de dos días. Los resultados de esta prueba se muestran a continuación:

Imagen 32: Resultados de la prueba con aceros usados en el tanque



Fuente: Propia

En las anteriores fotografías se puede observar claramente que la corrosión ha atacado a aquellas láminas que fueron expuestas a ambientes con condiciones ambientales más agresivas mientras que las láminas que permanecieron en condiciones controladas mantuvieron la preparación de superficie de forma tal que se podría proceder a aplicar recubrimiento sin más medida que un paño con disolvente para retirar cualquier tipo de agente contaminante externo.

Como ya se ha mencionado anteriormente en el interior de los tanques y de espacios confinados en general se manejan elevados valores de humedad relativa y temperatura ambiente lo cual incide de forma negativa sobre la preparación de superficie ya que acelera y favorece el proceso de corrosión.

En todo el tiempo que la lámina permanezca descubierta y expuesta bajo condiciones nocivas esta se estará corroyendo, lo que representa un reproceso para corregir las zonas con presencia de óxido en las que no se podrá aplicar la pintura. Cabe anotar que el tiempo que permanece una lámina expuesta en un espacio confinado antes de que pueda ser pintada es considerablemente alto ya que el abrasivo utilizado en la preparación de superficie genera un desecho que necesariamente debe ser retirado para así poder proceder a aplicar el recubrimiento, además son tan adversas las condiciones en estos espacios que a medida que se avanza llevando a cabo el proceso de preparación de superficie el área inmediatamente anterior ya está presentando signos de corrosión.

7.4 IMPACTO ECONOMICO DEL EFECTO DE LA CORROSIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS

En el proceso de sandblasting, principalmente cuando se habla de trabajo en espacios confinados, entran a jugar nuevos costos como lo es la recolección de la

arena que se acumula por la aspersion del abrasivo, además hay que tener en cuenta de que la tarifa por metro cuadrado que cobra el contratista por realizar trabajos en espacios cerrados es mayor, esto por la dificultad inherente a estos espacios.

Otro factor a tener en cuenta es el repaso, que consiste en realizar una preparación de superficie menos abrasiva para reparar las zonas que el óxido ha atacado.

Para efectos de este trabajo se toma como referencia dos proyectos que se desarrollaron en la corporación, en donde se realizaron trabajos de sandblasting a los tanques de dichos buques. En este caso se llevo a cabo repaso del 30% de la superficie, la cual presentaba corrosión avanzada a causa de la alta humedad que se registraba al momento de realizar la preparación de la superficie, los datos de los costos del sandblasting y el repaso se describen en las siguientes tablas:

Tabla 12: Costos de proyectos modelo de COTECMAR

TK DE LASTRE MN PANABUNQUER									
After Peak Estribor		Tarifa	Costo	Reproceso	Fore Peak Estribor		Tarifa	Costo	Reproceso
Area	928,36				Area	202,1656			
Sandblasting Sa2 100%	928,36	\$ 12.639	\$ 11.733.542		Sandblasting Sa2 100%	202,1656	\$ 14.830	\$ 2.998.116	
Reproceso Sa1 25%	232,09	\$ 13.773		\$ 3.196.576	Reproceso Sa1 30%	60,64968	\$ 23.404		\$ 1.419.445
TK #1 Estrinor		Tarifa	Costo	Reproceso	TK #4 Estribor		Tarifa	Costo	Reproceso
Area	344,359				Area	1049,686			
Sandblasting Sa2 100%	344,359	\$ 14.830	\$ 5.106.844		Sandblasting Sa2 100%	1049,686	\$ 12.000	\$ 12.596.232	
Reproceso Sa1 30%	103,3077	\$ 23.404		\$ 2.417.813	Reproceso Sa1 30%	314,9058	\$ 13.773		\$ 4.337.198
TK #2 Estribor		Tarifa	Costo	Reproceso	TK #5 Estribor		Tarifa	Costo	Reproceso
Area	527,214				Area	1049,68			
Sandblasting Sa2 100%	527,214	\$ 13.037	\$ 6.873.289		Sandblasting Sa2 100%	1049,68	\$ 12.000	\$ 12.596.160	
Reproceso Sa1 30%	158,1642	\$ 18.509		\$ 2.927.461	Reproceso Sa1 30%	314,904	\$ 13.773		\$ 4.337.173
Tk #3 Estribor		Tarifa	Costo	Reproceso	TK #6 Estribor		Tarifa	Costo	Reproceso
Area	478,25				Area	913,94			
Sandblasting Sa2 100%	478,25	\$ 13.364	\$ 6.391.333		Sandblasting Sa2 100%	913,94	\$ 13.037	\$ 11.915.036	
Reproceso Sa1 25%	119,5625	\$ 18.509		\$ 2.212.982	Reproceso Sa1 30%	274,182	\$ 15.671		\$ 4.296.706

TK DE LASTRE MN SPABUNQUER									
After Peak Babor		Tarifa	Costo	Reproceso	TK #3 Babor		Tarifa	Costo	Reproceso
Area	565,7				Area	307,5			
Sandblasting Sa2 100%	565,7	\$ 13.037	\$ 7.375.031		Sandblasting Sa2 100%	307,5	\$ 14.830	\$ 4.560.225	
Reproceso Sa1 30%	169,71	\$ 15.671		\$ 2.659.525	Reproceso Sa1 30%	92,25	\$ 23.404		\$ 2.159.019
Fore Peak Babor		Tarifa	Costo	Reproceso	TK #4 Babor		Tarifa	Costo	Reproceso
Area	202,1				Area	629,17			
Sandblasting Sa2 100%	202,1	\$ 14.830	\$ 2.997.143		Sandblasting Sa2 100%	629,17	\$ 13.037	\$ 8.202.489	
Reproceso Sa1 30%	60,63	\$ 23.404		\$ 1.418.985	Reproceso Sa1 30%	188,751	\$ 15.671		\$ 2.957.917
TK #1 Babor		Tarifa	Costo	Reproceso	TK #5 Babor		Tarifa	Costo	Reproceso
Area	343,3				Area	629,17			
Sandblasting Sa2 100%	343,3	\$ 14.830	\$ 5.091.139		Sandblasting Sa2 100%	629,17	\$ 13.037	\$ 8.202.489	
Reproceso Sa1 30%	102,99	\$ 18.509		\$ 1.906.242	Reproceso Sa1 30%	188,751	\$ 15.671		\$ 2.957.917
Tk #2 Babor		Tarifa	Costo	Reproceso	TK #6 Babor		Tarifa	Costo	Reproceso
Area	325,2				Area	543,9			
Sandblasting Sa2 100%	325,2	\$ 14.830	\$ 4.822.716		Sandblasting Sa2 100%	543,9	\$ 13.037	\$ 7.090.824	
Reproceso Sa1 30%	97,56	\$ 23.404		\$ 2.283.294	Reproceso Sa1 30%	163,17	\$ 15.671		\$ 2.557.037

Fuente: Informe división de pintura.

Haciendo un resumen de los datos, se obtiene lo siguiente:

Tabla 13: Resumen de costos de sandblasting

Panabunker		Spabunker	
Costo sin repaso	\$ 182.722.244	Costo sin repaso	\$ 123.988.622
Costo total	\$ 239.087.350	Costo total	\$ 165.884.170
Costo reproceso	\$ 56.365.107	Costo reproceso	\$ 41.895.548

Fuente Propia.

Como se percibe en los dos proyectos tomados como referencia, los resultados de estos son de mayor importancia, ya que es claro el impacto productivo y económico que está proyectando a la división de pintura él no manejar adecuadamente la preparación de superficie.

En la tabla anterior el costo total del proceso de sandblasting en los tanques del buque PANABUNKER fue de \$ 239.087.350 millones, el cual si se hubiera tenido los recursos necesarios para realizar satisfactoriamente el desarrollo del proceso en los tanques que representan los espacios confinados, el costo total hubiera sido de \$182.722.244 millones, lo que representa un aumento del costo total en un 23%.

De igual manera en el proyecto SPABUNQUER existieron falencias en el desarrollo del proceso lo que arrojó como resultado un reproceso, con pérdidas de tiempo, pérdidas económicas, pérdida en la materia prima, lo cual este resultado va a repercutir en el manejo productivo de la división de pintura. En este buque el costo total del reproceso fue de un 25% lo que equivale a \$41.895.548 millones de pesos.

Estos resultados muestran el gran impacto que causa el fenómeno de la corrosión en el proceso de preparación de superficies y espacios confinados de las embarcaciones, lo cual muestra la necesidad de implementar un sistema que ayude a mitigar este fenómeno y a su vez se reduzcan los costos y se optimicen los recursos. Esto se logra en la medida de que se puedan controlar las

condiciones ambientales que como ya se demostró son las causantes de la corrosión en los espacios confinados.

8 DISEÑO DE ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA EN ESPACIOS CONFINADOS

Como se mencionó en capítulos anteriores, donde se trató el tema de los factores que propician la corrosión y las condiciones ambientales que son necesarias para garantizar el desempeño de un recubrimiento aplicado, se resalta el papel que juega la humedad relativa en este proceso.

La humedad relativa es la cantidad de agua presente en el aire circundante en un ambiente y dependiendo de la cantidad de agua en el aire este juega un papel de iniciador de la corrosión en una superficie de acero descubierto.

8.1 CONTROL DE LA CORROSIÓN POR SISTEMAS DE CONTROL DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

Después de analizar y observar el papel que juega la humedad en el aire en las superficies de acero, se convierte esta en un punto crítico el cual se busca reducir para evitar la reacción con los contaminantes de la superficie, que en el caso específico de las sales ferrosas no se eliminan con los procesos existentes como el lavado con agua a alta presión.

La humedad en el aire es un fenómeno físico que puede ser controlado por diferentes métodos, que se describen a continuación:

- **Deshumidificación por enfriamiento**

El aire puede ser deshumidificado mediante sistemas de aire acondicionado convencionales. Estos enfrían al aire a presión constante hasta una temperatura menor que la temperatura de Rocío ocurriendo así una de condensación de parte del vapor de agua presente en el aire. Este tipo de deshumidificación se encuentra muy a menudo en los sistemas de acondicionamiento de aire de locales comerciales y residencias.

Para realizar este proceso el evaporador, del sistema de compresión de vapor, debe operar a una temperatura más baja que la que es requerida para extraer la carga de calor sensible de enfriamiento del espacio acondicionado, esto hace que el sistema tenga bajos coeficientes de operación (COP). Además, algunas veces es necesario recalentar el aire para evitar un excesivo enfriamiento sensible del espacio acondicionado.¹⁸

- **Deshumidificación por desecantes**

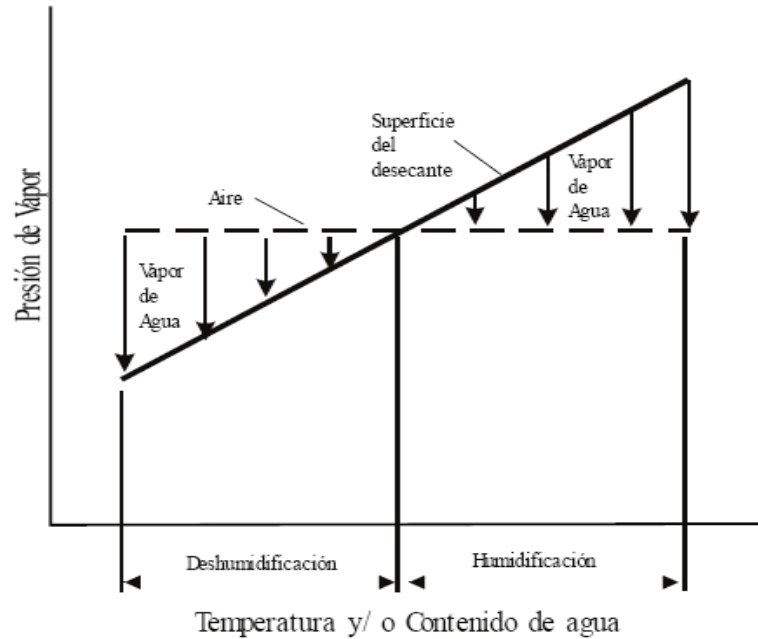
Los desecantes son sustancias que tienen una gran afinidad por el agua propiedad que les permite atrapar o liberar el agua presente en el aire.

Comercialmente los más utilizados en estos momentos son la zeolita, la sílica gel y el cloruro de litio. La sílica gel es un desecante sólido y adsorbente y contiene numerosos poros y capilares en los cuales el agua es condensada y contenida, esta tiene una alta capacidad de absorber la humedad y puede regenerarse si se somete a una alta temperatura.

¹⁸ Deshumidificación y enfriamiento, Ing. Roger Sánchez Parrao, Universidad de Campeche

La deshumidificación del aire con desecantes ocurre cuando la presión de vapor de la superficie del desecante es inferior a la del aire ambiente. Cuando la presión de vapor de agua en la superficie del desecante es más baja que en el aire entonces el desecante absorbe vapor de agua del aire. Cuando el vapor de agua es absorbido la presión de vapor en el desecante se incrementa hasta experimentar el equilibrio igualándose ambas presiones y es cuando es necesario reactivar el desecante para poder volver a usarlo, es decir quitarle la humedad calentándolo para que incremente su presión de vapor y seguidamente ponerlo en contacto con una corriente de aire que tiene una presión de vapor de agua más baja.

Figura 14: Presión a vapor VS temperatura y contenido de agua para los desecantes y el aire¹⁹



Fuente propia

8.2 ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE DESHUMIDIFICACIÓN PARA LAS CONDICIONES REALES DE TRABAJO

Una forma de mejorar los procesos de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos en los espacios confinados, es controlando las condiciones que afectan los trabajos y eliminando los reprocesos haciendo la tarea más eficiente en el consumo de recursos y reduciendo el tiempo de trabajo.

Es necesario contar con un sistema de control de las condiciones ambientales que se adapte a las condiciones del trabajo, ya que se está hablando de espacios cerrados donde se generan grandes cantidades de polvo y el ingreso es reducido.

¹⁹ Deshumidificación y enfriamiento, Ing. Roger Sánchez Parrao, Universidad de Campeche

Hoy en día existen diferentes tipos de sistemas de deshumidificación ya aplicados en la industria del manejo de frutas en plantas de secado y conservación de alimentos, donde se usan equipos ya sea de enfriamiento de aire y por medio de desecantes para bajar los porcentajes de humedad en un lugar cerrado para secar frutas y reducir la descomposición de las mismas. Otro campo en el que se usan los sistemas de deshumidificación es el campo de los microprocesadores, donde se hacen necesarios controles exactos de temperatura, humedad relativa y calidad del aire (polvo) muy estrictos para garantizar que no haya presencia de contaminación.

Hay que tener en cuenta que estos sistemas además de ser voluminosos, son estacionarios y funcionan en lugares limpios donde no se genera la nube de polvo que genera el proceso de sandblasting, es por esto que se hace necesario tener un sistema que se adapte a estas condiciones específicas de trabajo como lo son los tanques de las embarcaciones.

8.2.1 SISTEMA DE DESHUMIDIFICACIÓN POR ENFRIAMIENTO DE AIRE

Los aires acondicionados son equipos deshumidificadores muy eficientes, que hoy en día ha tomado gran importancia debido al aumento de la temperatura en zonas templadas.

Estos equipos funcionan enfriando un gas por medio de un compresor y lo hacen fluir a través de una tubería la cual baja su temperatura, a su vez por medio de un forzador de aire (ventilador) se hace circular el aire del espacio cerrado, haciendo que la humedad se condense en la tubería y se saca en forma líquida del espacio cerrado.

La ventaja de este sistema, es su fácil consecución debido a que es una tecnología ya muy conocida y existen en el mercado equipos de aires acondicionados portátiles y pequeños que cabrían en los tanques de las embarcaciones.

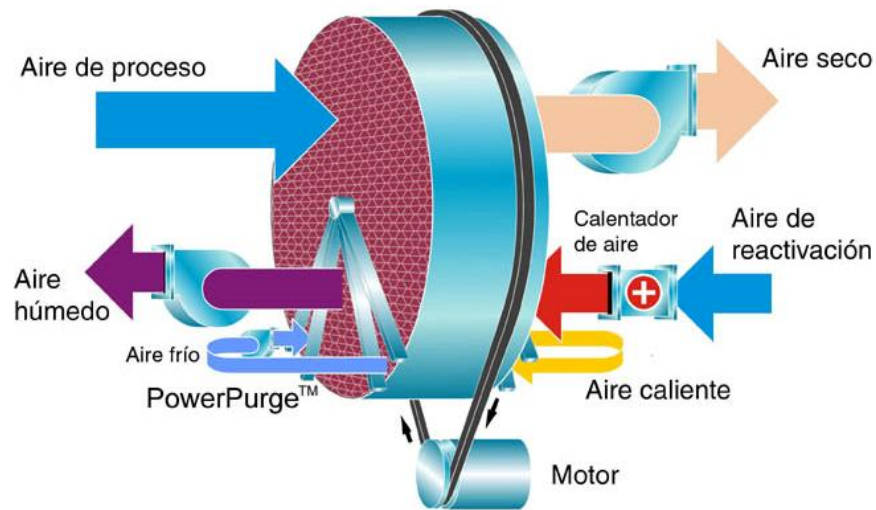
Las desventajas de estos equipos son varias, teniendo en cuenta la forma en la que estos trabajan, ya que como estos deshumidifican el aire de un espacio cerrado a través de recircular el aire contenido, se presentaría un problema por la alta concentración de material articulado (polvo) que se genera por el proceso de sandblasting, que al ser absorbido por el sistema de recirculación de aire se aumentan las probabilidades de daños por obstrucción por absorción de arena. Otro factor a tener en cuenta es que dentro de los tanques se manejan contaminantes orgánicos e inorgánicos que al ser pasados por los intercambiadores de calor se pueden generar nichos de crecimiento de bacterias creando un problema sanitario para los trabajadores y daños en el equipo.

8.2.2 SISTEMA DE DESHUMIDIFICACION POR DESECANTES

Los sistemas de deshumidificación por medios desecantes funcionan aprovechando una propiedad física de los materiales desecantes, que al ser expuestos a un ambiente húmedo, absorben la humedad circundante y al ser expuestos al calor liberan la humedad que han retenido.

En el mercado existen equipos deshumidificadores que poseen una rueda con material desecante, en la cual se hace pasar un chorro de aire húmedo el cual al entrar en contacto con el material se libera de la humedad, luego ese material desecante ya saturado con humedad se le inyecta un chorro de aire a alta temperatura que libera la humedad y prepara el material para seguir absorbiendo humedad.

Figura 15: Sistema de Deshumidificación por rotor desecante



Fuente: Pagina web MUNTERS.

Debido a la manera como operan este tipo de equipos con rotor desecantes, funcionan inyectando aire desde el exterior hacia el espacio confinado, por lo que son más ventajosos frente a los equipos de enfriamiento de aire que necesitan recircular el aire, evitando de esta manera los problemas por la nube de polvo y la formación de bacterias.

En el mercado se consiguen equipos de deshumidificación para espacios cerrados muy voluminosos con una menor cantidad de energía requerida para la deshumidificación.

8.2.3 DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO

Para realizar un diseño como propuesta para la empresa COTECMAR, como primera medida se procede a evaluar el sistema actual en el cual se realizan los procesos de sandblasting en espacios confinados.

Para visualizar este sistema, se hacen uso los siguientes cursogramas analíticos, en donde se toman como descripción nueve actividades que van a hacer

representadas según su importancia por medio de símbolos, para así mostrar cómo se lleva a cabo la preparación de superficie de sandblasting en espacios confinados actualmente por la división de pinturas, de igual manera la tabla que le prosigue es el análisis de la misma actividad mencionada anteriormente pero con un sistema propuesto.

Tabla 14: cursograma modelo actual

Cursograma Analítico					
Diagrama #1					
Metodo Actual					
Lugar: Posición de Varada					
Actividad: Preparación de superficie a través de sandblasting en espacios confinados					
Descripción	Símbolo				
	O	➔	D	■	▲
Inspección del lugar de trabajo				●	
Medir niveles de concentraciones de gases en el interior del tanque				●	
Alistar equipo y materiales		●			
Se realiza el sandblasting	●				
Limpieza y recolección de la arena	●				
Inspección de la calidad del sandblasting				●	
Repaso de sandblasting en áreas dañadas de la superficie	●				
Limpieza y recolección de la arena	●				
Inspección final				●	

Resumen	
Operación	4
Transporte	1
Espera	0
Inspección	4
Almacenamiento	0

Fuente propia

Tabla 15: Cursograma modelo propuesto

Cursograma Analítico					
Diagrama #2					
Método propuesto					
Lugar: Posición de Varada					
Actividad: Preparación de superficie a través de sandblasting en espacios confinados controlando las condiciones ambientales					
Descripción	Símbolo				
	O	➡	D	■	▲
Inspección del lugar de trabajo				●	
Medir niveles de concentraciones de gases en el interior del tanque				●	
Alistar equipo y materiales		●			
Instalar las mangas de aire de ingreso de aire seco	●				
Cerrar las entradas de aire	●				
Poner en funcionamiento el equipo deshumidificador	●				
Inspección de las condiciones ambientales				●	
Se realiza el sandblasting	●				
Limpieza y recolección de la arena	●				
Inspección final				●	

Resumen	
Operación	5
Transporte	1
Espera	0
Inspección	4
Almacenamiento	0

Fuente propia

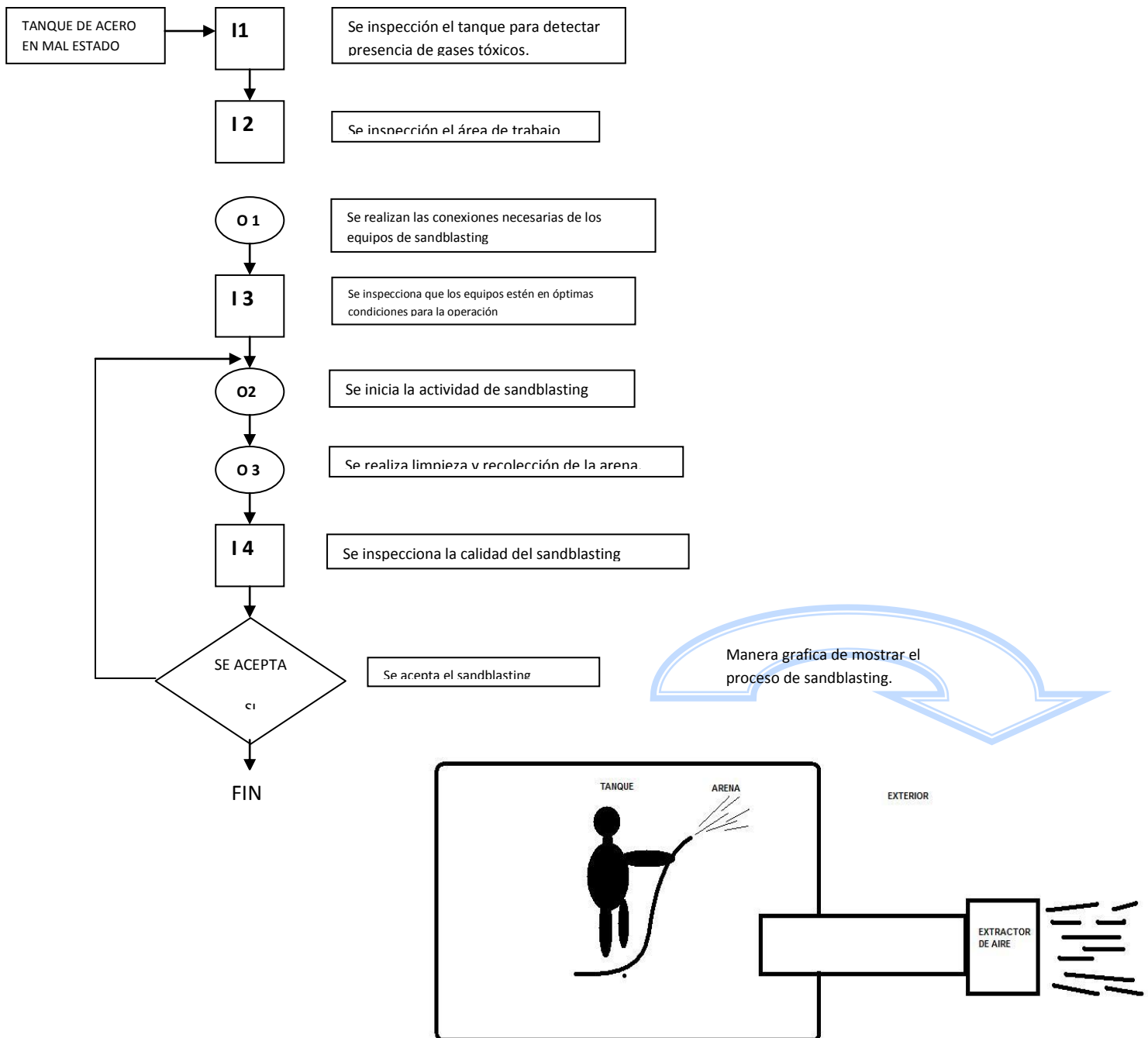
Luego de hacer los análisis comparativos por medio de los cursogramas analíticos, se quiere también mostrar de manera más específica como es el procedimiento que tiene la preparación de superficie en espacios confinados por medio de un diagrama de flujo, en el que es específica de manera más detallada cada una de las actividades y operaciones que este conlleva.

8.2.3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA ACTUAL

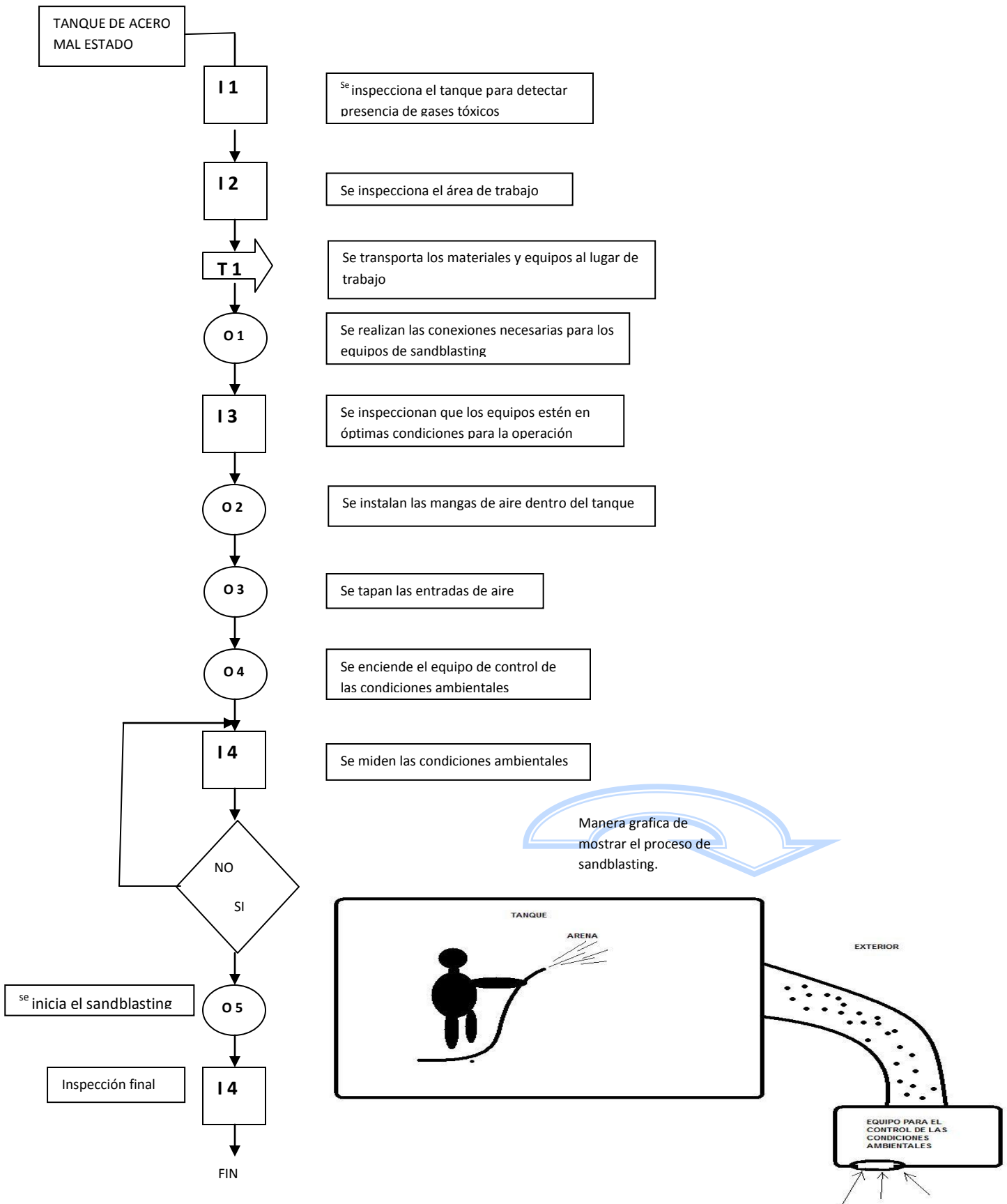
I: inspección

T: transporte

O: operación



8.2.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA PROPUESTO



9. MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LOS TANQUES TIPO

Los espacios confinados de los buques, son lugares que a pesar de ser llamados tanques, no poseen la geometría que se está habituado ver pues poseen ángulos muy variables que además tienen un sin número de estructuras metálicas llamadas cuadernas que sirven de soporte a la estructura del barco, esto dificulta los trabajos debido al difícil ingreso y movilidad dentro de ellos.

Imagen 33: Interior de los tanques de un buque



Fuente propia

Se realizaron mediciones de volumen (M^3) para poder determinar la cantidad de aire con el que se debe trabajar, para esto, se tomaron como referencia los tres tipos de buque que más se trabajan en el astillero, que son:

- Buque Remolcador
- Buque de Carga Contenerizada
- Buque de Carga General

Los valores obtenidos de volumen en M^3 se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla 16: Volumen de tanques prototipo

Buque de Carga general			
ESLORA	118,55 mt		
MANGA	15,2 mt		
82,92	294,02	163,69	1,13
153,89	198,34	153,95	0,94
221,82	280,69	44,37	0,94
103,29	118,93	44,37	9,39
97,04	206,82	25,7	18,2
96,82	143,09	15,5	4,04
122,75	143,09	19,11	6,67
153,82	194,52	3,82	
74,62	113,53	1,21	
89,2	115,03	36,57	
SUMA	3553,83		
PROMEDIO	96,04945946		
MAX	294,02		
MIN	0,94		

Tipo Remolcador	
ESLORA	30,5 mt
MANGA	10,6 mt
15,461	3,356
15,461	3,356
14,077	8,909
14,077	14,929
29,633	14,929
29,633	33,594
2,369	33,594
4,746	23,937
16,024	23,937
9,603	24,663
SUMA	336,288
PROMEDIO	16,8144
MAX	33,594
MIN	2,369

Buque de Carga Contenerizada		
ESLORA	131 mt	
MANGA	20 mt	
82,46	69,52	1,62
44,67	69,83	10,42
118,28	87,69	1,48
118,66	102,47	4,7
88,82	26	10,1
88,82	26	6,25
141,56	95,9	4,6
141,56	72,41	0,39
167,58	19,9	
173,9	31,2	
SUMA	1806,79	
PROMEDIO	64,52821429	
MAX	173,9	
MIN	0,39	

Fuente propia

En la anterior tabla se puede visualizar que en promedio el volumen de los tanques que se trabajan en COTECMAR es aproximadamente 96 M^3 , pero este valor no serviría como referente para realizar los cálculos de capacidad de los equipos deshumidificadores, pues se estaría dejando por fuera a todos aquellos espacios confinados que estén por encima de este valor, de esta forma el valor máximo sería de más utilidad pues abarca casi en su totalidad los volúmenes de trabajo.

Por recomendación del Jefe de la División de Pinturas Daniel de la Cruz, este volumen máximo no se tomará como referencia, sino que se deja un margen de seguridad de por lo menos del 50% lo que aumentaría el volumen de $294,02 \text{ M}^3$ a $441,03 \text{ M}^3$, por lo que se define que el valor a tomar en cuenta en los cálculos de capacidad del equipo de deshumidificación se estipula en 500 M^3 .

9.1 SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA EL SISTEMA DE DESHUMIDIFICACIÓN

Para la selección de los proveedores y de los equipos, se crearon una serie de requerimientos necesario para poder garantizar que los equipos se ajusten a las

condiciones que brinda la planta COTECMAR. Los requerimientos técnicos se agrupan en la siguiente tabla:

Tabla 17: Requerimiento técnico de los equipos

Requerimiento	Descripción
Energía	El equipo debe trabajar con voltajes de 110, 220 y 440 a una frecuencia de 60 Hz
Peso	No exceder las 3 Toneladas de peso
Volumen de aire	Debe ser capaz de mover un volumen de aire de 500 M3 por hora
Condiciones de trabajo	Debe ser capaz de trabajar a la intemperie y a una temperatura de 34°C
Método de introducción de aire	El aire debe ser introducido a través de mangas de aire de 20" y no recircular el aire dentro del tanque

Fuente propia

9.1.1 SELECCIÓN DE PROVEEDORES

A nivel mundial son muchas las empresas dedicadas a la fabricación y distribución de sistemas de deshumidificación, el proceso de búsqueda y selección de proveedores se apoyó en una investigación por internet con el fin de crear una base de datos de aproximadamente 12 empresas que ofrecen dichos tipos de productos, posteriormente se estableció contacto por medio de correos electrónicos en los que se describió de manera detallada la intención de adquirir un equipo deshumidificador y la necesidades que este debía suplir en el astillero además se dejó en claro las condiciones de operación a tener en cuenta. Las empresas que respondieron el correo y seguidamente se convirtieron en potenciales proveedores fueron:

Tabla 18: Resumen de proveedores

Compañía	País	Email
CDIMS	USA	info@cdims.com
CALOREX	Reino Unido	gladis.atkinson@calorex.com export@calorex.com
Munters	México	abel.sepulveda@munters.com

Fuente propia

Los equipos analizados en este estudio con sus datos técnicos son los siguientes:

Tabla 19: Resumen de los datos técnicos de los equipos

Fabricante	Referencia	Caudal de aire (M ³ /Hr)	Potencia (W/Hr)	Capacidad (kg _{agua} /Hr)	Medidas (M) (L/P/A)			Cap. faltante	UND	Cap. Total	Cap. ociosa	Volumen Equipo
Jomar	XAIR-0175	1200	1500	7,20	2	1	1,2	-	1	1200	700	2,30
Munters	DURACASE	15000	105000	339,00	-	-	-	-	2	30000	29500	-
Munters	MK-450	400	700	0,12	0,6	0,6	1	100	2	800	300	0,35
Munters	MK-800	800	950	2,15	0,7	0,6	1,1	-	1	800	300	0,46
Munters	MXT5000	5000	4358	34,00	1,2	2	2,2	-	1	5000	4500	5,36
Munters	MLT800	800	5120	4,50	0,6	0,7	1,3	-	1	800	300	0,52
Munters	MCS300	300	2100	2,40	0,4	0,4	0,6	200	2	600	100	0,10
Munters	ProDry M13Y	150	1000	0,50	0,3	0,4	0,4	350	4	600	100	0,04
CDIMS	MS-600	1000	2300	3,92	0,7	0,8	1,1	-	1	1000	500	0,56
CDIMS	MS-2400/2000	3300	3000	25,00	2,3	0,8	1,3	-	1	3300	2800	2,23
Calorex	DH-150	2200	2500	10	0,7	0,7	1,3	-	1	2200	1700	0,57

Fuente propia

Se procedió a analizar los equipos según los requerimientos anteriormente descritos y se excluyeron de la lista todos aquellos que no cumplían con los requisitos antes revisados. Para la tarea de selección se examinaron primero los equipos y la primera variable de comparación fue el precio, y se comparó con la capacidad de deshumidificación, este análisis mostro equipos con una relación precio – cantidad de deshumidificación muy interesantes para algunos y para otros muy desfavorables. Otra variable importante en el análisis fue el volumen y el peso pues el equipo debe ser trasladado y de fácil instalación para diferentes lugares.

La nueva lista quedó de la siguiente manera:

Tabla 20: Datos técnicos de los equipos seleccionados

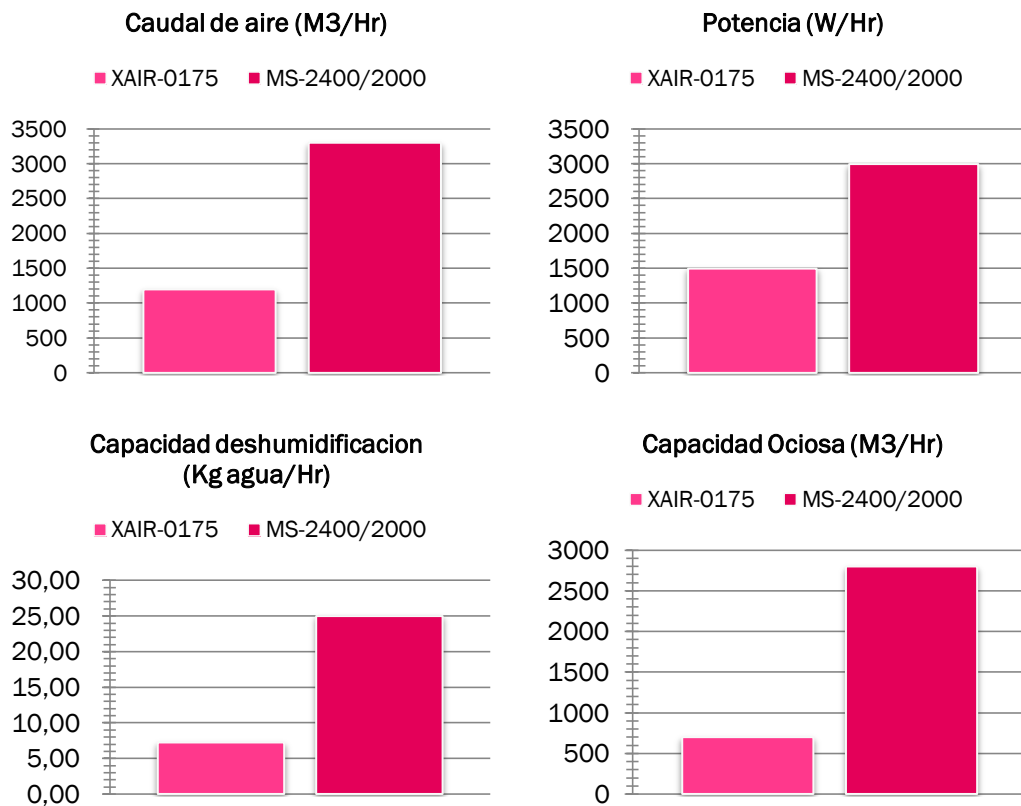
Fabricante	Referencia	Caudal de aire (M ³ /Hr)	Potencia (W/Hr)	Capacidad (kg _{agua} /Hr)	Medidas (M)			UND	Cap. Total	Cap. ociosa	Volumen Equipo
					L	P	A				
Jomar	XAIR-0175	1200	1500	7,20	2	1	1,2	1	1200	700	2,30
CDIMS	MS-2400/2000	3300	3000	25,00	2,3	0,8	1,3	1	3300	2800	2,23

Fuente propia

9.1.2 COMPARACIÓN GRAFICA DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS

Los dos equipos preseleccionados se compararon gráficamente para mayor comprensión de las variables evaluadas.

Figura 15: Comparación gráfica del desarrollo de los equipos seleccionados



Fuente propia

Las anteriores graficas ayudan a visualizar el desempeño de ambos equipos, se puede resumir que se destaca el equipo MS 2400/2000 de la empresa CDIMS.

Este equipo posee un mayor caudal de aire, lo que permite un mayor alcance en lo referente a volumen o número de tanques (6,6 tanques de 500 m³) que se pueden deshumidificar paralelamente, también se destaca en la capacidad de deshumidificación que triplica la capacidad con respecto al equipo confrontado, lo que brinda una mayor extracción de agua del aire y unos menores porcentajes de humedad relativa.

De lo anteriormente planteado se puede resumir que el equipo que más se ajusta a las condiciones de trabajo en la empresa COTECMAR y además brinda una buena relación costo beneficio es el equipo MS 2400/2000 de la empresa CDIMS.

9.1.3 COSTOS CON EQUIPO DESHUMIDIFICADOR

Tomando como referencia los datos anteriores de los trabajos realizados en dos proyectos realizados en la corporación, se procedió a analizar los mismos costos, pero teniendo en cuenta la inclusión de un equipo deshumidificador para realizar el trabajo y eliminar el reproceso. Para efectos del cálculo se tomaron los siguientes datos de entrada:

Horas por TK	72
Cant. TKS	8
Valor KW/hr	\$ 330

Realizando los cálculos se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 21: Resumen de costos de deshumidificador

Un solo proyecto					
Fabricante	Referencia	Consumo	Costo energía	Precio Deshumidificador	Total
CDIMS	MS-2400/2000	3	\$ 570.240	\$ 37.667.500	\$ 38.237.740
Ambos proyectos					
Fabricante	Referencia	Consumo	Costo	Precio Deshumidificador	Total

CDIMS	MS-2400/2000	3	\$ 1'140.480	\$ 37.667.500	\$ 38.807.980
-------	--------------	---	--------------	---------------	---------------

Fuente propia

De las anteriores tablas se puede afirmar que el costo del reproceso de ambos proyectos que fue de \$88'090.580 alcanzaría para cubrir el costo de adquisición del equipo más el consumo energético que este hubiese requerido para funcionar durante el tiempo en el que se realizaron los trabajos en los tanques de estos dos proyectos, ya que dicho costos es de \$37'667.500.

9.2 ANÁLISIS DE EFICIENCIA

Para analizar la eficiencia se tomó como referencia el equipo destacado anteriormente (MS 2400/2000 CDIMS)

- **Consumo y costo de energía**

Para este cálculo se usó el valor de Kw/Hr de \$330²⁰, y se tomó una hora de referencia, el resultado fue el siguiente:

Tabla 22: Costos energético de equipo deshumidificador

Fabricante	Referencia	Consumo	Costo Hora energía	Capacidad	\$/M ³
CDIMS	MS-2400/2000	3	\$ 990	3300	\$ 0,30

Fuente propia

- **Costo depreciación**

Para el cálculo de la depreciación de los equipos de deshumidificación se tomó como referencia una vida útil de diez años para el equipo, los resultados se observan en la siguiente tabla:

Tabla 23: Costos depreciación de equipo deshumidificador

Fabricante	Referencia	Precio	Costo Depreciación
------------	------------	--------	--------------------

²⁰ Valor para el año 2011

CDIMS	MS-2400/2000	\$ 38.877.100	\$ 10.651
-------	--------------	---------------	-----------

Fuente propia

- **Costo del equipo por hora**

Con los datos obtenidos anteriormente, se procede a realizar el costo por hora del equipo de deshumidificación, incluyendo el costo de energía y la depreciación, cabe resaltar, que no se incluye costo de operación ni de instalación pues el equipo opera de manera automática.

Tabla 24: Costos de equipo deshumidificador por hora

Fabricante	Referencia	Costo Hora
CDIMS	MS-2400/2000	\$ 11.641

Fuente propia

Tomando en cuenta los dos proyectos estudiados (Panabunker y Spabunker) los costos asociados a los equipos deshumidificadores son los siguientes:

Tabla 25: Costos de los proyectos con el uso de equipos deshumidificadores

Costo un proyecto	Costo ambos proyectos
\$ 6'705.366	\$ 13'410.732

Fuente propia

Comparando el costo total de los reproceso de los dos proyectos con el costo de operación y depreciación del equipo deshumidificador, se obtiene un ahorro de \$73'401.128.

Como resultado a toda la información mostrada anteriormente, se quiere resaltar cuán importante es abatir la *humedad relativa* que se encuentra principalmente en

los espacios confinados, ya que esto es de gran ayuda para el manejo de aplicación del proceso.

Para esto se realiza una amplia investigación de que tecnología existe en la industria astillera, para el control de esta problemática, y como efecto se hace una serie de preliminares para encontrar la tecnología que ayudaría a realizar dicho proceso más rápido, y de mejor calidad.

CONCLUSIONES

Después de estudiar y analizar los procesos realizados en la división pintura y las técnicas de deshumidificación usadas actualmente se concluye que es necesaria la adquisición de un equipo deshumidificador. En el día a día de los diferentes astilleros del mundo se está imponiendo el uso de equipos deshumidificadores para el control de las condiciones ambientales en espacios confinados de embarcaciones por los beneficios prácticos y económicos que esto conlleva.

Para COTECMAR el uso de equipos deshumidificadores puede ser visto como una oportunidad de incrementar su área de operaciones permitiendo la inclusión de embarcaciones como es el caso de los buques tanqueros mas específicamente aquellos que transportan combustibles y derivados de petróleo en los que generalmente el esquema aplicado exige valores de humedad relativa por debajo de 52%, bajo las condiciones actuales de operación la corporación no tiene la capacidad de garantizar dichos valores controlados de humedad relativa.

Por otro lado existen clientes que exigen que los valores de humedad relativa sean controlados a la hora de realizar los procesos de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos en los espacios confinados de sus embarcaciones, por lo que la corporación debe estar preparada para responder en forma positiva, garantizando calidad en el servicio ofrecido y a su vez la conformidad del cliente.

Desde el punto de vista de los costos, se pudo evidenciar el ahorro que significa para la corporación usar equipos deshumidificadores a la hora de desarrollar un proyecto en el que se vayan a realizar trabajos de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos en espacios confinados, como se demostró en el presente trabajo, el costo del reproceso de los proyectos evaluados, en los que se le realizaron procesos de sandblasting a los tanques, habría cubierto el costo de adquisición y de operación del equipo deshumidificador seleccionado, El uso de un equipo deshumidificador representa para la Corporación un ahorro de

aproximadamente \$36'700.564 en promedio según los proyectos estudiados en el año 2011 y se ahorra un 33% de tiempo de ejecución.

Un ambiente seco no solamente favorece la conservación de una superficie de acero desnudo, sino que además previene problemas al momento de aplicar un recubrimiento, por lo que un equipo deshumidificador ayudaría a mejorar las condiciones necesarias para la pintura. debido a que en los tanques es evidente la presencia de condiciones agresivas para los procesos de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos, es necesario el uso de un equipo deshumidificador que remueva hasta un 40% de la humedad del aire.

Las características técnicas del astillero permiten el uso de un equipo deshumidificador sin que esto signifique un cambio en el proceso productivo, y sin que se afecten dramáticamente los costos. La inclusión de un sistema de control de los espacios confinados amplía el horizonte estratégico de la corporación haciéndola más atractiva a un grupo mayor del mercado naviero (como es el caso de los buques tanqueros).

RECOMENDACIONES

Después de estudiar y describir con detalle todas las variables que intervienen en la toma de la decisión de la adquisición del equipo deshumidificador para la división de pinturas se recomienda comprar el equipo MS 2400/2000 de la empresa CDIMS.

Este equipo está diseñado para trabajar en ambientes industriales, las ventajas que brinda el MS 2400/2000 son las siguientes:

- Se logra controlar los valores de humedad relativa hasta alcanzar el porcentaje en el que se evita la oxidación repentina.
- El sistema propuesto, debido a su naturaleza es termodinámicamente más eficiente con relación a otras técnicas de deshumidificación.
- Posee una construcción rígida y con materiales resistentes al trabajo a intemperie.
- Este equipo cuenta con un diseño que permite fácil mantenimiento y adicionalmente no necesita un personal especializado para llevarlo a cabo.
- Por su bajo volumen y peso se adapta fácilmente a las necesidades de espacio y movilidad del astillero.
- La capacidad en CFM (pies cúbicos por minuto) es mucho mayor al necesario en los trabajos habituales en buques, lo que da un margen de seguridad para trabajos eventualmente más grandes y exigentes.
- Brinda una máxima flexibilidad al trabajar por medio de mangas de aire.
- Brinda una óptima relación costo beneficio mejorando el sistema sin impactar dramáticamente el costo del proyecto.

Se recomienda la consecución de un sistema de toberas múltiples para convertir la salida de aire única del deshumidificador en cuatro salidas, para así aprovechar mayormente la capacidad ociosa del equipo, pudiendo de esta forma trabajar en varios tanques consecutivamente. En la planta de

COTECMAR hay un equipo que fue construido para este fin, del cual se muestran las fotos a continuación:

Imagen 34: Tobera múltiple



Fuente: Propio.

BIBLIOGRAFÍA

- JAVIER TEJADA GOMEZ, Blasting, un método definitivo para la preparación y limpieza superficial del acero, 1999.
- BLAST OFFF 2, Su guía para un chorreado con abrasivo eficiente y seguro, 2002.
- SSPC- VIS 1, Guide and reference photographs for steel surfaces prepared by dry abrasive blast cleaning, 2002
- SIKA, Manual recubrimientos para metal, 1999/2000.
- SIKA, Manual de recubrimientos para metal, 2010.
- Programa de Certificación de Inspectores de Recubrimientos nivel 1 NACE International, 2004

- Programa de Certificación de Inspectores de Recubrimientos nivel 2 NACE International, 2004
- ROJAS L. LUIS CARLOS y JUZGA L. GIOVANNI A. Jornada de Transferencia tecnológica en Preparación de Superficies y aplicación de recubrimientos, Cartagena 2008

ANEXOS

- Encuesta para recolección de datos

ENCUESTA PARA DETERMINAR LA IMPORTANCIA DE LOS FACTORES QUE AFECTAN A LOS PROCESOS DE LA DIVISIÓN DE PINTURAS.

Con el objetivo de reconocer las falencias o necesidades que existen en los procesos de la división de pintura, se realiza una serie de preguntas con el fin de analizar los resultados para mejorar cada servicio que ofrece la división o abarcar la necesidad mostrada.

Marque con una X las respuestas que le sea importante.

1. Cargo que usted desempeña:
 Jefe de división
 Supervisor de recubrimiento
 Supervisor de limpieza
 Supervisor contratista
 Superintendente
 Jefe de grupo
 Oficial
2. Tiempo trabajando con la división de pintura
 1 – 3 años
 3 – 5 años
 5 – 8 años
3. ¿Cree usted que la división de pintura tiene personal calificado para la ejecución de los trabajos?
 SI
 NO
4. ¿Considera usted que los procesos de la división de pintura tienen falencias en su desarrollo?
 SI
 NO
5. Diga cuales son las dos actividades más importantes que tiene la división de pinturas
 Preparación de superficie
 Aplicación de recubrimiento
 Limpieza y achique.
6. ¿Cuál es el proceso de la división de pintura que genera más costo en COTECMAR?
 Pintura
 Sandblasting

- Limpieza manual
- Limpieza mecánica

7. ¿En qué proceso de la división de pintura se genera más re proceso?

- Pintura
- Sandblasting
- Limpieza manual
- Limpieza mecánica

8. ¿En qué proceso de la división de pintura se genera más dificultades a la hora de ejecutarse en espacios confinados?

- Pintura
- Sandblasting
- Limpieza manual
- Limpieza mecánica

9. ¿En la división de pintura, en que proceso se requiere implementar nuevas tecnologías para el mejoramiento del proceso?

- Pintura
- Sandblasting
- Limpieza manual
- Limpieza mecánica

10. ¿Sería conveniente que la división de pinturas utilice otros métodos para la realización de cada proceso?

- SI
- NO

11. ¿Cree usted que las insuficiencias que tienen los procesos de la división de pinturas afectan la imagen de la corporación?

- SI
- NO

