

**VAPOR INDUSTRIAL S. A.**

199-1740

**Informe FINAL**

**Proyecto de innovación tecnológica**

**Optimización del Proceso de Granallado y Pintura  
de Grandes Piezas de Acero**

Santiago, diciembre de 2000.

## 1.- RESUMEN EJECUTIVO.

### 1.1.- Antecedentes de la empresa.

#### a) Antecedentes del proyecto

Tipo de informe	<b>Informe Final</b>
Código proyecto	<b>99-1740</b>
Título proyecto	<b>Optimización del Proceso de Granallado y Pintura de Grandes Piezas de Acero.</b>
Empresa solicitante	<b>Vapor Industrial S.A.</b>
RUT empresa	<b>93.751.000-4</b>
Entidad ejecutora	<b>Vapor Industrial S.A.</b>
Localización proyecto	<b>Calle Dos Nº 9417, Parque Industrial Américo Vespucio.</b>
Fecha de entrega	<b>15 diciembre 2000</b>
Fono/Fax:	<b>444 31 00 / 444 31 01</b>
Representante legal:	<b>Ronald Orchard Sonderburg</b>

#### b) Historia de la empresa.

Vapor Industrial S.A. nace de la iniciativa de una familia de profesionales dedicada a proyectos industriales. Los ingenieros Santiago y Esteban Solari, dos generaciones de experiencia en el área de la energía térmica, han participado activamente en la industria nacional desde 1931.

En 1977 se crea Vapor Industrial S.A., lográndose así un anhelo: la fabricación de diseños propios en su primera maestranza ubicada en la actual comuna de San Joaquín. Es en dichos talleres donde se comenzaron a fabricar las plantas térmicas

que hoy satisfacen con éxito las necesidades de numerosas empresas a lo largo del territorio nacional.

En 1985 la empresa da otro importante paso: se adquieren y modernizan las instalaciones de la ex Maestranza Maipú, con lo cual se amplía la capacidad productiva, permitiendo la fabricación de nuevos productos, tales como: estructuras y calderería, estanques de presión, equipos de proceso, etc..

En 1995, con la colaboración de la tercera generación, se concentra y readecúa la producción en su nueva planta de Quilicura, dejándola en condiciones de afrontar las nuevas exigencias del mercado.

Es así como se instala una nueva línea de fabricación continua de estanques para almacenamiento de gas licuado, la más completa del país, que permite fabricarlos de acuerdo a los exigentes estándares internacionales. Además, se instalan nuevas máquinas destinadas a la fabricación de calderería pesada, estanques de presión, haces tubulares, intercambiadores de calor, etc..

También se crea una nueva sociedad: Tersainox S.A., destinada a producir estanques y equipos de acero inoxidable para atender especialmente a las industrias alimenticias, químicas y mineras.

## **1.2 Descripción general del proyecto.**

El directorio de nuestra empresa, Vapor Industrial S. A., en el año 1998, se planteó la necesidad de controlar y optimizar los procesos de Granallado y Aplicación de Pintura, cumpliendo a la vez con toda la normativa vigente, tanto técnica como ambiental, que interviene en estos procesos.

Para satisfacer esta necesidad se planteó el gran desafío de ser una de las empresa líder en el país en el desarrollo de los procesos de Granallado y Aplicación de Pintura.

Para cumplir con esta meta, nuestra empresa diseñó, construyó y puso en marcha el proyecto antes descrito mediante una innovación tecnológica única en el país, como se describe a continuación:

En nuestra maestranza, se procesan estructuras, equipos y estanques de gran peso y volumen. Para efectuar los procesos de Granallado y Pintura a estas grandes piezas se diseñaron y construyeron sendas cámaras, cada una de 10 metros de ancho por 15 metros de fondo y 7 metros de altura. A cada cámara se le dotó de una innovadora plataforma (piso) móvil que se desplaza a través de su eje, saliendo de su cámara completamente cuando se procede a cargar y/o descargar las grandes piezas.

Para realizar los movimientos de carga, descarga, y traslado de piezas entre cámaras, se construyeron e instalaron dos grúas de pórtico móviles de 20 toneladas de capacidad cada una. Estas trabajan exclusivamente para los procesos de Granallado y Pintura e independizan el uso de grúas móviles de esta actividad.

El proceso de Granallado fue dotado de dos compresores de aire, marca Le Roi, con una capacidad de 230 pies cúbicos por minuto cada uno, dos equipos de granallado marca Clemco, más la cabina de granallado ya descrita, la cual fue equipada con los siguientes elementos:

- a) Inyección de aire fresco mediante aspiración.
- b) Extracción de aire con polvo mediante ventilador de tiro inducido de 50 HP.

- c) Dos chorros de granallado, que operan con aire comprimido proveniente de los compresores.
- d) Multiciclón recolector de polvo.

La cámara de Aplicación de Pintura, que trabaja completamente presurizada y climatizada, fue equipada con los siguientes elementos:

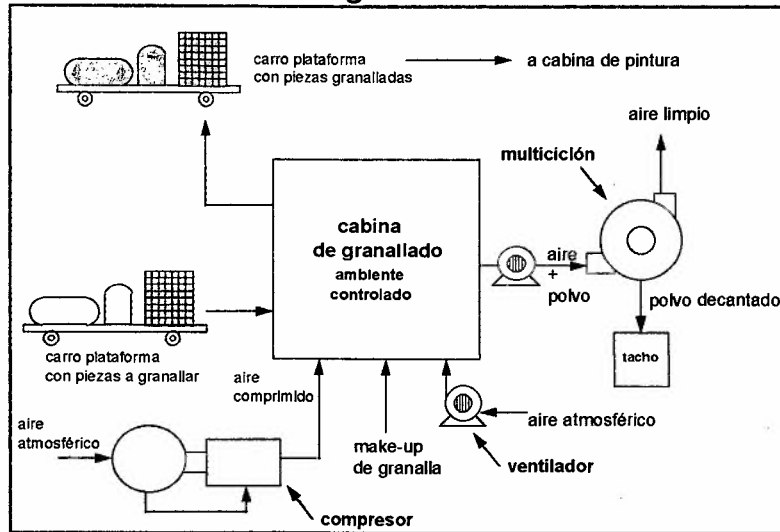
- a) Un generador de aire caliente mediante quemador a gas licuado marca Riello modelo Gas 6-2.
- b) Inyección de aire caliente a la temperatura deseada mediante cuatro ventiladores de tiro forzado de 2 HP cada uno.
- c) Filtros de aire ambiente.
- d) Extracción de aire con pintura en suspensión mediante seis ventiladores de tiro inducido de 2 HP cada uno.
- e) Filtro primario a base de superficies con grasas de tal manera de retener las partículas gruesas de pintura.
- f) Filtros de papel que retienen las partículas finas de pintura.

Esta cabina también dispone de una plataforma móvil, que se desplaza a través de su eje, saliendo de la cabina, de tal forma que la carga y la descarga de estas piezas se realiza en el exterior, de modo de similar a la cabina de granallado.

El hecho de que la cámara de pintura sea presurizada y climatizada permite independizar el proceso de pintura de las condiciones ambientales, con lo que el trabajo se puede programar y realizar en forma oportuna, desligándose de la lluvia y humedad ambiente.

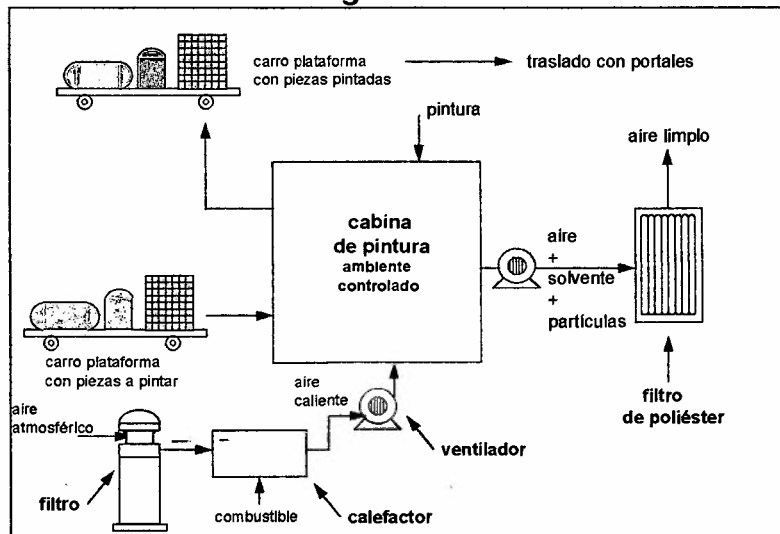
A continuación se describe el proceso de Granallado de acuerdo al diagrama de flujo, según la figura N° 1.-

**Figura N° 1**



Y también se describe el proceso de Pintura, de acuerdo a la fig. N° 2.

**Figura N° 2**



## **1.2.- Motivos técnico-económicos del proyecto: necesidad, conveniencia y oportunidad de implementar el proyecto.**

Vapor Industrial S.A. opera en el mercado de maestranza, elaborando piezas de acero y calderería pesada que requieren del proceso de granallado y pintura, en condiciones de calidad y oportunidad según los respectivos contratos celebrados con sus clientes.

Vapor Industrial S.A. no podía realizar el proceso de Granallado y Pintura de esos trabajos ya que no contaba con las instalaciones requeridas para cumplir con las normativas establecidas por la autoridad de control ambiental (SESMA).<sup>1</sup>

El control de la autoridad respectiva se traduce en limitaciones y prohibiciones de operar, cuando los procesos de granallado y/o pintura se realizan al aire libre o en recintos parcialmente protegidos.

En razón de lo anterior, se debía recurrir a contratistas para el granallado y pintura en la terminación de los trabajos encargados por clientes. En períodos de condiciones climáticas desfavorables, baja temperatura y alta humedad ambiental, se producían atrasos y dilaciones por parte de los subcontratistas, perjudicando el servicio de Vapor Industrial S.A., con el consiguiente daño en la imagen frente a los clientes.

Para resolver estos problemas, la empresa construyó una planta de granallado y pintura que se encuentra en etapa de pruebas y optimizaciones.

El desarrollo de las instalaciones de granallado y pintura descritas, implicó incorporación de tecnología de punta, de la cual no existían conocimientos teóricos, así como tampoco se contaba con experiencia práctica en el país.

Un adecuado uso de esta tecnología permitirá entregar productos con terminaciones de alta calidad y que respondan a estándares internacionales.

En virtud de lo anterior surge el presente proyecto, mediante el cual se optimizó el nuevo proceso de granallado y pintura de grandes piezas de acero, aplicando los

---

<sup>1</sup> Ver decretos N° 19.957/1993 y 1583/93 del Ministerio de Salud.

principios básicos de Producción limpia - Productividad - Economía - Calidad - Seguridad - Participación.

A través de este proyecto Vapor Industrial S.A aporta a la solución del problema ambiental, con instalaciones ecológicas de primera categoría y procesos de operación optimizados, además se ha obtenido un conocimiento único en el país, que permitirá acceder a mercados exigentes con tecnología de punta.

También abre una nueva línea de negocio, al ofrecer tanto la ingeniería blanda (asesoría) como el levantamiento de nuevas plantas de granallado y pintura a gran escala e inclusive ofrecer el servicio de granallado y pintura a empresas que requieran del servicio.

El nuevo proceso es parte de una estrategia de la empresa para mantener el liderato en el mercado de maestranza, mediante la oferta de un servicio de primer nivel, para sus propios trabajos.

### **1.3.- Objetivos del proyecto.**

El objetivo principal del proyecto es la optimización del proceso de granallado y pintura de grandes piezas de acero, en el sistema de granallado y pintura antes descrito.

Adicionalmente se plantean como objetivos específicos la capacitación del personal involucrado en el proyecto en aspectos tales la seguridad en la operación de los equipos e infraestructura utilizados en los procesos de granallado y pintura.

Los objetivos planteados se obtienen mediante la investigación y el desarrollo de diferentes actividades, que son:

- 1) Adquirir el conocimiento teórico y práctico de las diferentes técnicas del arte y oficio.
- 2) Lograr una participación, coordinación consensual y complementación del equipo humano en este programa.
- 3) Aprender las técnicas de operación para un óptimo uso de los equipos e infraestructuras dispuestas en el proceso.
- 4) Desarrollar un programa ensayos prácticos utilizando diferentes procesos de tratamiento superficial, sobre sustratos con distinto grado de corrosión.
- 5) Realizar un análisis comparativo de resultados obtenidos en el programa de ensayos ejecutado
- 6) Reconocer los riesgos inherentes al proceso y adoptar las acciones pertinentes para su control.
- 7) Diseñar los respectivos manuales de calidad en el proceso de Tratamiento Superficial y de Aplicación de Pintura.
- 8) Evaluar económicamente esta optimización.

#### **1.4.- Fundamentos técnicos de la innovación.**

Existe una amplia información respecto a los fundamentos del proyecto:

- La producción limpia, que es uno de los principios que justifican este proyecto responde a la creciente importancia del cuidado del medio ambiente y del efecto de la actividad industrial en los niveles de contaminación, que conduce a crecientes restricciones y sanciones por parte de la autoridad. En la Guía Empresarial del Medio Ambiente, editado por CORFO y otras entidades, se describen las políticas y normativa de la Producción Limpia.

- La calidad y productividad son herramientas para lograr una posición competitiva superior, especialmente en las condiciones de mercado actuales. La empresa Vapor Industrial S.A. ha adoptado una opción estratégica para mantener el liderato en el mercado, lo que se traduce en inversiones de magnitud para mejorar la calidad del servicio y productos. La gestión de calidad introducida por Juran y Deming, la normativa internacional de ISO9000 e ISO14.000 (medio ambiente) son elementos considerados en el proyecto.

En particular, Vapor Industrial S.A. aplica las normas de granallado y pintura establecidas por Steel Structures Painting Council y Swedish Standard Institute.

- La participación del personal en el proceso de innovación y mejora de procesos es un factor decisivo en el logro de los niveles de calidad y productividad que se buscan en el proyecto. Los aportes del personal, motivado y capacitado hacen la diferencia en el éxito o fracaso de la experiencia. Los fundamentos de este enfoque se encuentran en los círculos de calidad, originados en Japón, en el marco de los programas de aseguramiento de calidad.

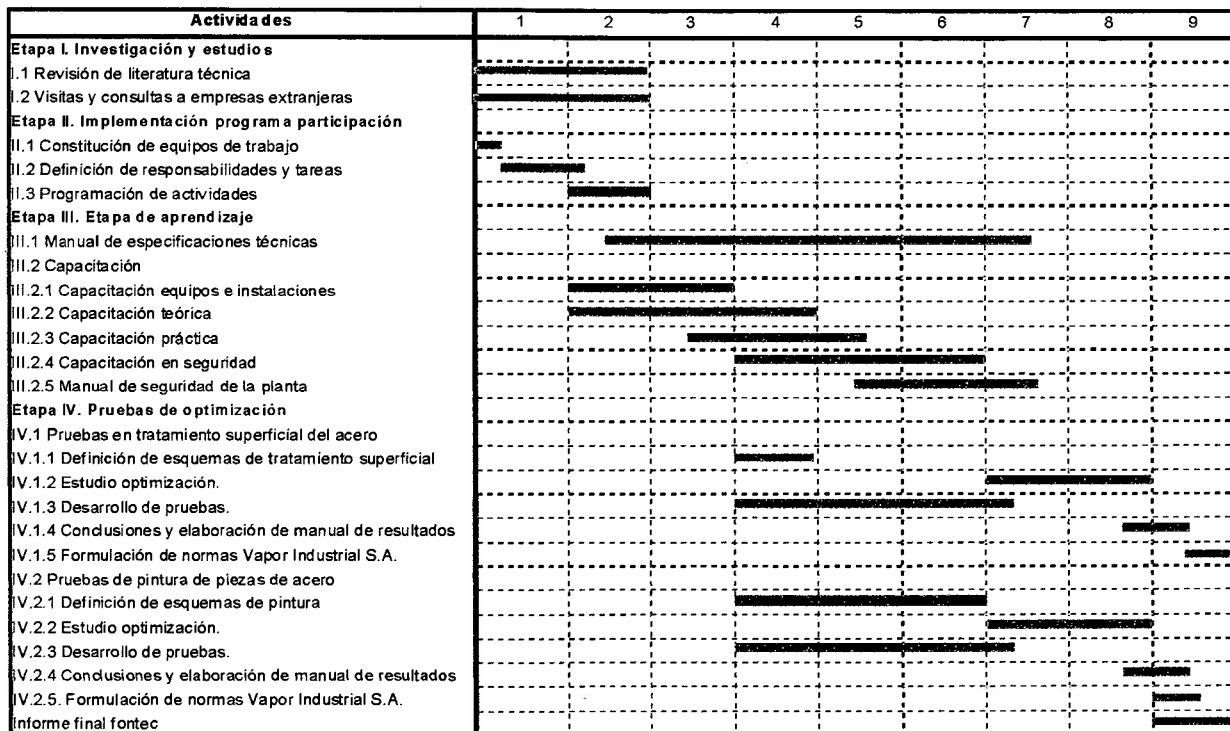
## **2.- METODOLOGIA Y PLAN DE TRABAJO.**

El presente Informe Final da cuenta de las actividades desarrolladas en el marco del proyecto de " **Optimización del Proceso de Granallado y Pintura de Grandes Piezas de Acero** ", con el N° **99-1740**. La empresa solicitante y ejecutora del proyecto es **Vapor Industrial S.A.**, cuyo representante legal es el señor **Ronald Orchard Sonderburg**.

### **2.1 Carta Gantt del proyecto**

A la fecha de presentación del presente informe se ha concluido con la totalidad de las actividades comprometidas en los términos de referencia, por lo que se presenta el resultado de la optimización realizada y las conclusiones que han sido posibles de obtener. En el cuadro siguiente se presenta la Carta Gantt del proyecto, que contiene exactamente todas las actividades y los plazos dados en los términos de referencia.

**Cuadro 1: Carta Gantt del proyecto.**



## 2.2.- DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE EL PROYECTO.

A continuación se entrega una breve descripción de las actividades desarrolladas, detallando los logros fundamentales obtenidos dentro del programa de trabajo:

### Etapa I.- Investigación y Estudios.

Se analizaron las dos grandes áreas como son:

El Granallado, y la Aplicación de Pinturas, considerando los elementos básicos de Producción limpia, Productividad, Economía, Calidad, Seguridad y Participación.

#### I.1.- Revisión de literatura técnica.

Se consultó una variedad de libros de la especialidad, revistas y folletos los cuales reflejan el estado del arte en los temas considerados. Entre los textos estudiados se puede destacar:

- **Literatura Técnica.**

Texto.	Autor.
Steel Structures Painting Council,	John D. Keane, Third Edition Volume 1, 1994.
Steel Structures Painting Council,	John D. Keane, Third Edition Volume 2, 1994
Corrosión en Procesos Industriales	Carmen Silva G., 1999
El Proceso de Granallado.	Thales M. Watanabe.
Controles de Operación de Granallado	Thales M. Watanabe
Guía Técnica de Producción Limpia Rubro Pinturas,	María Elena Torres, 1998

De acuerdo al estudio de estos textos, se pudo establecer, por Ejemplo; Esquemas de pinturas más utilizados, tipos de granallas más idóneas, rugosidades requeridas, esquemas de tratamiento superficial, etc.

- **Catálogos de Proveedores de Pintura:**

<b>Texto.</b>
International Protective Coatings 1997.
Sherwin Williams Chile S. A. División Industrial, 1997
Ameron International. Protective Coatings Group, 1996
Hempel's 1996

Con la finalidad de ejecutar las operaciones de granallado y pintura de acuerdo a estándares internacionales, se analizaron las principales normas relativas a este proyecto, las cuales fueron adquiridas para formar parte de la bibliografía técnica de nuestra empresa.

<b>Texto.</b>
American Society for Testing and Materials.
ASTM D 4285-83, Standard Test Methods for Indicating Oil Water in Compressed Air. .
ASTM D 4417-93, Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile Of Blast Cleaned Steel.
ASTM D 4414-95, Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages.
ASTM D 1186-93, Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base.
ASTM D 3359-97, Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test.
ASTM D 4541-95, Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
ASTM D 5162-91, Standard Practice for Discontinuity ( Holiday) Testing of Nonconductive Protective Coating on Metallic Substrates

## **I.2.- Consultas a empresas extranjeras.**

En nuestro país operan diferentes empresas relacionadas con las actividades de Granallado y Aplicación de Pinturas.

Se realizaron contactos con las empresas que operan en el mercado, teniendo variadas reuniones técnicas, resultando una muy buena relación de tal forma que estas empresas nos asistieron con cursos, charlas técnicas, y asesoría en los temas tratados. Estos cursos estuvieron orientados a todos los integrantes del proyecto especialmente a jefes de área, supervisores, inspectores, pintores, granalladores y ayudantes.

La Empresa Sherwin Williams Chile S. A. desarrolló el curso de Pinturas Industriales la cual destacó los siguientes tópicos:

Antecedentes generales sobre la empresa, Introducción al temas de las pinturas industriales, tratamientos superficiales, tipos de pintura, pintura de uso en maestranzas, control de calidad.

Una de las conocidas mundialmente es Clemco Industries Corp., representada en Chile por Simma S. A. que se dedica a la comercialización de productos para el tratamiento superficial: equipos de granallado, implementos para este oficio y una gran variedad de accesorios.

Clemco Industries Corp., dictó un curso completo en el área de tratamiento superficial, en la cual consideró los siguientes temas: Presentación de la empresa, diferentes máquinas de granallado, equipos de seguridad para el operador, boquillas y accesorios. Este curso fue tanto teórico como práctico.

En el tema de la Aplicación de Pintura, se tomó contacto con APV Ltda. una importante empresa que comercializa equipos de aplicación de pintura Graco Inc. y los equipos de inspección y medición Elcometer.

APV Ltda., desarrolló el curso "Curso de Aplicación de Pintura", considerando el siguiente temario: Técnica de aplicación con aire con énfasis en el equipo Graco modelo Husky con su pistola Delta, considerando una práctica con esta técnica, aplicación airless con énfasis en el equipo Graco modelo King; también se realizó una práctica con esta técnica, resumen de los diferentes temas tratados y respuestas a inquietudes.

En el rubro de producción de pinturas se tomó contacto con dos empresas pioneras en la fabricación, investigación y asesoría técnica en pinturas industriales como son:

Sherwin Williams Chile S. A.

Ameron Inc., representada en Chile por Revesta S. A.

La idea en esta etapa era tener un conocimiento amplio en cuanto a los procesos productivos de fabricación, control de calidad involucrado en el proceso, la investigación en el desarrollo de productos y la asesoría técnica que se presta al cliente. De tal manera que los integrantes del proyecto nos encontramos con un criterio más amplio de tal forma de visualizar mejorías en nuestros procesos.

## **Etapa II.- Implementación del Programa de Participación del Equipo.**

### **II.1.- Constitución de equipos de trabajo.**

Se constituyeron dos equipos de trabajo:

**El equipo A** estuvo enfocado al área de Tratamientos Superficiales, y fue integrado por:

<b>Equipo A.</b>	<b>Cargo.</b>
1.- Roberto Pardo.	Supervisor Capataz.
2.- Mario Caballero.	Controlador Proceso.
3.- Juan Mendoza.	Maestro Granallador.
4.- Cesario Jaramillo.	Maestro Granallador.
5.- Roberto Calderón.	Maestro Granallador.
6.- Luis Garrido.	Ayudante Granallador.
7.- Enrique Espinoza.	Ayudante Granallador
8.- Felizardo Esparza.	Ayudante Granallador.
9.- Segundo Calderón.	Ayudante Granallador.

A partir del mes de Agosto el Sr. Roberto Pardo dejó de pertenecer a la empresa. A partir de ese momento se integra al grupo de trabajo el Sr. Víctor Caviedes.

**El equipo B** estuvo enfocado al área de Aplicación de Pinturas, y estuvo constituido por:

<b>Equipo B.</b>	<b>Cargo.</b>
1.- Roberto Pardo.	Supervisor Capataz.
2.- Mario Caballero.	Controlador Proceso.
3.- Carlos Antiqueo.	Maestro Pintor
4.- Luis Sepúlveda	Maestro Pintor
5.- José Santander	Maestro Pintor
6.- Miguel Campos	Ayudante Pintor
7.- Patricio Valencia	Ayudante Pintor
8.- Urbano Martínez	Ayudante Pintor
9.- Nivaldo Vega	Ayudante Pintor

Las actividades de ambos equipos, A y B, fueron dirigidas por un comité profesional integrado por:

Nombre.	Cargo.
1.- Fredy Tobar B.	Jefe de Proyecto
2.- Esteban Solari B.	Ingeniero de Proyecto
3.- Esteban Solari Bonta	Asesor Infraestructura, Equipamiento y Gestión.

El personal profesional de apoyo, fue constituido por las siguientes personas:

Nombre.	Cargo.
Ronald Orchard S.	Gerente General
Miguel Caro D.	Gerente de Operaciones
Alberto Vargas U.	Jefe de Producción
Víctor Segura Z.	Jefe de C. Calidad

Es importante hacer notar que ambos equipos, A y B, analizan temas comunes: operación del proceso productivo, movimientos de grandes piezas, manejo de sustancias peligrosas, seguridad e higiene, concepto de equipo de trabajo, etc.

## **II.2.- Definición de responsabilidades y tareas.**

A grandes rasgos, las responsabilidades definidas se encuentran en el siguiente listado resumen:

- Será responsabilidad del Jefe de Proyecto, velar por el cumplimiento del presente proyecto e instrucciones de trabajos relacionados a este.
- Será responsabilidad del Ingeniero de proyecto coordinar y programar las diferentes actividades de los grupos participantes, asignar tareas.

- Será responsabilidad del Asesor, prestar asesoría en los temas relacionados con infraestructuras, equipamiento y gestión para este proyecto.
- Será responsabilidad del Controlador de Proceso, ejecutar los trabajos necesarios para generar los registros de granallado y pintura ( pruebas ).
- Será responsabilidad del Supervisor, entregar las correctas instrucciones al personal a su cargo, supervisar y controlar por el buen funcionamiento del proyecto.
- Será responsabilidad del Granallador, operar la planta de granallado y realizar el tratamiento superficial a las piezas, según las indicaciones del supervisor.
- Será responsabilidad del Pintor, operar los equipos de pintura y aplicar la pintura en forma correcta.
- Será responsabilidad del Ayudante, prestar apoyo al maestro en las distintas labores del proyecto.

### **II.3.- Programación de Actividades.**

La programación de actividades de este proyecto se encuentra enunciada en la carta Gantt del proyecto, presentada en el Cuadro 1.

El conocimiento adquirido durante el desarrollo del proyecto obligo a ajustar la programación de actividades propuesta inicialmente, a continuación se enuncian las principales modificaciones introducidas en el programa de actividades:

El desarrollo del programa llevó a dedicarle un tiempo mayor que el considerado inicialmente en el proyecto a la etapa de Investigación y Estudio. Este atraso se debió a la falta de conocimiento previo respecto de las complejidades de las materias propias del proyecto, las que se hicieron presentes durante la evolución de la investigación. Lo mismo ocurrió con relación al tema de la Capacitación.

Por otra parte, el desarrollo del proyecto permitió detectar una inconsistencia en la planificación inicial de actividades, como es el que la optimización del proceso se planteaba como una etapa anterior al inicio de las pruebas, lo cual fue subsanado intercambiando el orden de estas actividades.

Además, producto de la investigación teórica y de la ejecución de las pruebas se encontró que el tratamiento superficial (granallado) influye de manera determinante en el tiempo y los costos del proceso de aplicación de pintura, por lo que resultó necesario optimizar en forma conjunta ambos procesos, fundiéndose las dos actividades de optimización planteadas inicialmente en una sola.

### **Etapa III.- Etapa de Aprendizaje.**

#### **III.1.- Manual de especificaciones técnicas.**

Producto de este proyecto se ha desarrollado un manual de especificaciones técnicas para los procesos de tratamiento superficial, denominado **“Especificaciones Generales para el Tratamiento Superficial y Aplicación de Pintura”**, cuyo texto se encuentra en anexo resultados. Este documento se enmarca en el programa ISO 9001, que actualmente se desarrolla en nuestra empresa.

Este manual de procedimientos es el resultado de la compilación y análisis de los conocimientos adquiridos en las actividades de capacitación, estudio de bibliografía y conocimiento de los requerimientos más comunes de los clientes de Vapor Industrial S.A.. En sus partes principales incluye:

- Alcances y exclusiones del manual
- Clasificación de las materias primas
- Condiciones de seguridad para el almacenamiento y manejo de materias primas
- Estándares de calidad
- Metodología de preparación de superficies y aplicación de pintura
- Descripción de los sistemas de tratamiento superficial y pintura

El manual tiene la doble finalidad de servir como estándar de trabajo interno de la empresa, servir de orientación a los clientes en cuanto al procedimiento de trabajo y calidad de las operaciones de terminación realizadas por Vapor Industrial.

En la eventualidad de subcontratar los servicios de granallado y pintura este manual cumple la función de guiar a la empresa contratada en los procedimientos de trabajo y de calidad del producto exigido por Vapor Industrial.

El manual de especificaciones técnicas descrito se encuentra en un proceso continuo de revisión, para hacerlo compatible con futuras exigencias de las normas ISO y para satisfacer nuevos requerimientos tanto de la normativa internacional como de los clientes.

### **III.2.- Capacitación.**

En el marco de este proyecto se realizaron actividades de capacitación tanto teórica como práctica con diferentes tópicos, que se detallan a continuación.

#### **III.2.1.- Capacitación en Equipos e Instalaciones.**

Para la capacitación en equipos de granallado se contó con la asesoría y participación de Clemco Industries Corp. empresa líder en este tema.

La capacitación en equipos de Aplicación de Pinturas se desarrolló con la participación y asesoría de la empresa Graco Inc.

#### **III.2.2.- Capacitación teórica.**

Se realizaron diferentes cursos de Aplicación de Pinturas y Tratamiento Superficial con la asesoría y participación de Sherwin Williams y Ameron Inc.

**Nota: “Imágenes de estas clases se mostraron en informe de avance anterior”**

Algunos de los principales tópicos analizados en estos cursos son los siguientes:

- Composición del Acero.
- Tipos de Corrosión.

- Tratamiento Superficial.
- Principios Básicos de la Pintura.
- Aplicación de Pinturas.
- Seguridad en Aplicaciones de Revestimientos.

### **III.2.3.- Capacitación práctica.**

Esta capacitación se realizó en las instalaciones de la empresa y estuvo enfocada a conocer, manejar y hacer el mejor uso de los diferentes equipos utilizados en nuestra maestranza en el proceso de granallado y aplicación de pinturas, y que incluyen:

Elementos básicos del equipo de granallado.

- Compresor de aire.
- Conexiones y líneas de aire.
- Equipo de granalla.
- Válvulas dosificadora de abrasivo.
- Control remoto.
- Boquillas y elementos de seguridad del operador.

Equipos de Aplicación de Pinturas:

- Equipos de Alta presión.
- Equipos de baja presión.
- Bomba de pistón operada con aire.
- Bomba de diafragma operada con aire.
- Regulador de presión.
- Presión de entrada.
- Retorno.
- Pistolas airless.
- Pistolas de pulverizado con aire.

**Nota: "Imágenes de estas clases se mostraron en informe de avance anterior"**

Nuestra empresa cuenta con dos tipos de equipos de aplicación de pintura:

- 1.- Equipo Graco, modelo King 56:1, sistema Airless ( dos unidades)
- 2.- Equipo Graco, modelo Husky 307, sistema convencional
- 3.- Pistola Graco 800
- 4.- Pistola Silver Plus
- 5.- Pistola Delta

#### **III.2.4.- Capacitación en Seguridad.**

Dado que la infraestructura de que dispone nuestra empresa para las operaciones de granallado y pintura no tiene símil en el país, resultó necesario realizar una capacitación que asegurara un operación de las instalaciones libre de riesgos. La capacitación fue desarrollada por el Departamento de Capacitación de la Mutual de Seguridad y se centro en dos grandes áreas, como son; “Manejo de Sustancias Peligrosas” y “Orientación en Prevención de Riesgos”.

El registro de los resultados de estos cursos consta en los certificados respectivos, emitidos por la Mutual de Seguridad y se encuentran a disposición de los organismos fiscalizadores en el Departamento de Prevención de Riesgos de nuestra empresa.

Como resultado de estas actividades de capacitación se generó el manual de seguridad de la planta que se describe más adelante.

**Nota: “Imágenes de estas clases se mostraron en informe de avance anterior”**

#### **III.2.5.- Manual de Seguridad de la Planta.**

El equipo que participó en el proyecto, asesorado por personal especializado de la Mutual de Seguridad, desarrolló un Manual de Seguridad denominado **“Procedimiento de Trabajo Seguro Aplicado al Proceso de Granallado y Pintura”** que contiene normas precisas en cuanto a la operación de los distintos equipos involucrados en la operación de la planta.

Este manual incluye, entre otros, aspectos tales como:

- Alcances del manual
- Riesgos y medidas de seguridad en las operaciones
- Medidas de prevención

El desarrollo de esta actividad incluyó una serie de reuniones y visitas a nuestra planta por parte del equipo asesor de la Mutual de Seguridad, todo lo anterior basado en la normativa chilena vigente relativa a higiene y seguridad. Una copia de este manual se muestra en el anexo de resultados.

#### **Etapa IV.- Pruebas de Optimización.**

En esta etapa del proyecto se experimentó en las áreas de tratamiento superficial y pintura, a continuación se presenta la descripción de cada una de las actividades realizadas, además se incluyen las definiciones relevantes para la adecuada comprensión de los términos usados.

##### **1.- El tratamiento superficial.**

Una de las etapas más importante para obtener un óptimo resultado con una pintura protectora, es disponer de un tratamiento superficial adecuado que permita una firme adhesión de la pintura con la superficie que se requiere proteger. Por lo tanto es necesario tener el completo control de este proceso, ya que de esto dependerá el buen resultado final.

El esquema de tratamiento superficial, como se usa en este informe, está dado por una matriz que relaciona el sustrato (metal), clasificado según su grado de oxidación (de acuerdo a un estándar internacional), versus el grado de limpieza requerido.

Las pruebas realizadas contemplaron la realización de los esquemas de limpieza usando distintos tipos de granalla y la posterior medición de rugosidad dejada en la superficie del metal.

Es importante destacar que la selección de los distintos tipos de granalla utilizadas en los ensayos requirió de un estudio previo respecto de los perfiles de rugosidad generados por las mismas y de los requerimientos de rugosidad de la aplicación de pintura.

Los datos obtenidos se registraron en la matriz de experimentación que se muestra a continuación, la que contiene el rendimiento de granallado ( $m^2/hr$ ) para cada tipo de acero, en función del grado de limpieza requerido. Esta matriz se realizó para cada tipo de granalla usada en el proyecto.

## **MATRIZ DE PRUEBA.**

### **Grados de Limpieza y Tipos de Acero.**

**Nota:** La definición técnica de los grados de acero punto 1.1.- (estado de oxidación) y limpieza 1.2.- (tratamiento superficial), se encuentra en las páginas siguientes.

### **Granalla Utilizada G - 25**

#### **Velocidad de granallado ( $m^2/hr$ )**

Tipos de Acero	Brush-off SSPC-SP7	Comercial SSPC-SP6	Casi m. blanco SSPC-SP10	M. blanco SSPC-SP5
Grado A.	26.7	25.5	24.1	19.3
Grado B.	24.0	23.7	22.1	18.5
Grado C.	22.4	21.9	19.2	15.6
Grado D.	19.7	18.4	16.0	12.3

### Granalla Utilizada G - 40

#### Velocidad de granallado (m<sup>2</sup>/hr)

Tipos de Acero	Brush-off	Comercial	Casi m. blanco	M. blanco
	SSPC-SP7	SSPC-SP6	SSPC-SP10	SSPC-SP5
Grado A.	25.9	24.8	23.0	18.2
Grado B.	23.1	22.6	21.1	17.5
Grado C.	21.7	21.0	18.3	14.2
Grado D.	18.4	17.6	15.5	11.6

### Granalla Utilizada G - 50

#### Velocidad de granallado (m<sup>2</sup>/hr)

Tipos de Acero	Brush-off	Comercial	Casi m. blanco	M. blanco
	SSPC-SP7	SSPC-SP6	SSPC-SP10	SSPC-SP5
Grado A.	25.3	24.4	22.0	17.9
Grado B.	22.7	21.9	19.8	15.2
Grado C.	20.2	19.4	17.6	13.2
Grado D.	17.1	16.5	14.9	10.2

### Granalla Utilizada G - 80

#### Velocidad de granallado (m<sup>2</sup>/hr)

Tipos de Acero	Brush-off	Comercial	Casi m. blanco	M. blanco
	SSPC-SP7	SSPC-SP6	SSPC-SP10	SSPC-SP5
Grado A.	21.6	19.5	18.6	16.8
Grado B.	18.4	17.5	16.1	15.0
Grado C.	17.7	15.4	13.9	12.5
Grado D.	15.9	14.6	13.3	09.4

**Granalla Utilizada S - 110****Velocidad de granallado (m<sup>2</sup>/hr)**

Tipos de Acero	Brush-off	Comercial	Casi m. blanco	M. blanco
	SSPC-SP7	SSPC-SP6	SSPC-SP10	SSPC-SP5
Grado A.	22.8	22.3	21.7	14.9
Grado B.	21.4	20.7	18.2	14.0
Grado C.	18.5	17.6	14.9	12.7
Grado D.	17.0	16.1	14.4	11.9

**Granalla Utilizada S - 170****Velocidad de granallado (m<sup>2</sup>/hr)**

Tipos de Acero	Brush-off	Comercial	Casi m. blanco	M. blanco
	SSPC-SP7	SSPC-SP6	SSPC-SP10	SSPC-SP5
Grado A.	23.7	22.9	22.5	15.7
Grado B.	22.6	21.4	19.1	14.9
Grado C.	19.0	18.2	15.8	13.2
Grado D.	17.5	16.6	15.0	12.3

**Granalla Utilizada S - 230****Velocidad de granallado (m<sup>2</sup>/hr)**

Tipos de Acero	Brush-off	Comercial	Casi m. blanco	M. blanco
	SSPC-SP7	SSPC-SP6	SSPC-SP10	SSPC-SP5
Grado A.	25.8	25.0	24.2	16.3
Grado B.	23.0	22.7	20.7	15.8
Grado C.	21.5	19.8	17.6	14.7
Grado D.	18.4	17.7	16.5	13.0

## Granalla Utilizada S – 280

### Velocidad de granallado (m<sup>2</sup>/hr)

Tipos de Acero	Brush-off	Comercial	Casi m. blanco	M. blanco
	SSPC-SP7	SSPC-SP6	SSPC-SP10	SSPC-SP5
Grado A.	27.1	26.0	25.7	17.5
Grado B.	24.4	23.9	21.6	16.4
Grado C.	22.8	20.8	18.6	15.4
Grado D.	20.1	18.7	17.5	13.7

Los datos así registrados permitieron detectar diferencias importantes en las velocidades de tratamiento superficial según el tipo de granalla utilizado.

Posteriormente se midió la rugosidad obtenida en cada ensayo, relacionándola con la granalla usada en el tratamiento superficial.

De acuerdo a la normativa internacional los patrones de rugosidad se establecen para superficies con tratamiento superficial Grado Metal Blanco (SSPC-SP5), por lo que las rugosidades de las superficies tratadas se midieron a esta calidad de limpieza, para tener una base de comparación.

El número de ensayos de tratamientos superficiales realizados está determinado por las variables que intervienen en proceso, que son:

- 4 grados de limpieza
- 4 calidades de acero
- 8 tipos de granalla
- Numero de repeticiones de cada ensayo (2)

Lo anterior generó un total de 128 pruebas y dado que cada una fue realizada en dos ocasiones se obtiene un total de 256 ensayos de tratamientos superficiales.

A continuación se entrega la descripción de los procedimientos de limpieza y la clasificación de los aceros según su estado de oxidación.

### **1.1.- Clasificación de los tipos de Aceros según su estado de Corrosión.**

En nuestra planta se manejan una diversidad de calidades de aceros de distintas procedencias, y que se almacenan sin pintura por distintos periodos de tiempo. Para fines de su posterior tratamiento superficial es, por ende, importante clasificarlos de acuerdo a su grado de corrosión. Esto se hace en las cuatro siguientes categorías:

#### **Acero grado A.**

Este grado clasifica a las superficies de acero que se encuentran con la chapa de laminación sana en su totalidad y sin focos de oxidación.

**Este tipo de acero se mostró (fotografía) en el informe de avance.**

#### **Acero grado B.**

Este grado clasifica a las superficies de acero con un principio de corrosión.

**Este tipo de acero se mostró (fotografía) en el informe de avance.**

#### **Acero grado C.**

Este grado clasifica a las superficies de acero donde la chapa de laminación se ha desprendido por efecto de la corrosión o esta completamente suelta y se puede eliminar con facilidad mediante el raspado. La corrosión es generalizada, pero no se han formado cavidades visibles.

**Este tipo de acero se mostró (fotografía) en el informe de avance.**

## **Acero grado D.**

Este grado clasifica a las superficies de acero con corrosión completa, exenta de chapa de laminación y gran cantidad de cavidades profundas.

**Este tipo de acero se mostró (fotografía) en el informe de avance.**

## **1.2.- Tipos de Tratamiento Superficial.**

Los tipos de tratamientos superficial están basados según la norma del SSPC, Steel Structures Painting Council. A continuación se entrega una breve descripción de cada una de las especificaciones de tratamiento superficial utilizadas en el estudio.

### **1.2.1.- Especificación N° 1, SSPC-SP1.**

- **Limpieza con solvente.**

Con este tipo de tratamiento superficial se deberá eliminar todo tipo visible de grasa, aceites, tintas, lubricantes de corte y en general todo material soluble de la superficie de acero.

Se utilizarán paños limpios embebidos en solvente.

### **1.2.2.- Especificación N° 2, SSPC-SP2**

- **Limpieza manual.**

Esta especificación nos dice que se deberá eliminarse de la superficie de acero todo el óxido de laminación y herrumbre que se encuentre sin adherencia de igual forma la pintura antigua que no se encuentre firmemente adherida. Luego se limpiará la superficie con aire seco y limpio.

La limpieza se podrá efectuar con herramientas manuales tales como , lijas, escobillas de acero, etc.

### **1.2.3.- Especificación N° 3, SSPC-SP3.**

- **Limpieza manual motriz.**

Consiste en un raspado, esmerilado o cepillado mediante una limpieza manual asistido con una máquina motriz, de tal forma de eliminar todo tipo de óxido de laminación, herrumbre y pintura que no se encuentre bien adherida.

Al término de esta operación la superficie del acero deberá presentarse con cierta rugosidad y con un claro brillo metálico.

### **1.2.4.- Especificación N° 5, SSPC-SP5.**

- **Limpieza grado metal blanco.**

Consiste en una limpieza a la superficie de acero mediante un chorro abrasivo, que al impactar suelta todo material visible como: aceite, grasa, polvo, óxidos, productos de corrosión y cualquier material extraño. Una vez ejecutada esta operación la superficie del acero se apreciará de un color gris blanco uniforme y metálico. La superficie deberá formar un perfil de rugosidad adecuado que permita un buen anclaje de los revestimientos.

**Este tipo de acero se mostró (fotografía) en el informe de avance.**

### **1.2.5.- Especificación N° 6, SSPC-SP6.**

- **Limpieza grado comercial.**

Una superficie de acero limpiada con chorro abrasivo de grado comercial se define como una de la cual se ha eliminado toda materia extraña, herrumbre, óxido de laminación y pintura antigua por medio de partículas abrasivas a alta velocidad. Es aceptable que queden pequeñas sombras, rayas y decoloraciones superficiales causadas por manchas de herrumbre o vestigios de óxido de laminación.

Además se acepta que por lo menos dos tercios de la superficie deberá estar libre de residuos pueden y la diferencia puede quedar con leves manchas decoloraciones y restos de pinturas antiguas firmemente adheridos.

**Este tipo de acero se mostró (fotografía) en el informe de avance.**

#### **1.2.6.- Especificación N° 7, SSPC-SP7.**

- **Limpieza grado brush-off.**

Esta especificación consiste en un chorreado ligero con partículas abrasivas, donde se elimina la capa suelta de óxido de laminación, herrumbre suelta y todo material extraño débilmente adherido. Se permite la presencia de óxido de laminación, pintura y herrumbre que se encuentre firmemente adherido.

**Este tipo de acero se mostró (fotografía) en el informe de avance.**

#### **1.2.7.- Especificación N° 8.**

- **Decapado.**

La limpieza química o decapado es aquella que por medio de la cual se remueve todo óxido de laminación y herrumbre por reacción química, electrólisis o ambos método en conjunto.

#### **1.2.8.- Especificación N° 10.**

- **Limpieza grado metal casi blanco.**

Se define como una limpieza en la cual se elimina toda la suciedad, óxido de laminación, herrumbre, pintura y cualquier materia extraña de la superficie.

Se permite pequeñas decoloraciones o sombras causadas por manchas de corrosión, óxidos de laminación, etc.

Por lo menos un 95% de la superficie de una pulgada cuadrada, deberá estar exenta de residuos a simple vista, el resto deberá solamente mostrar sombras donde existieron los productos antes mencionados.

**Este tipo de acero se mostró (fotografía) en el informe de avance.**

### **1.3.- Perfil de Rugosidad.**

En esta etapa realizamos diferentes pruebas para determinar el perfil de rugosidad en función al tipo de la granalla utilizada.

Las pruebas consistieron en definir cuál es la granalla optima para nuestro tratamiento superficial, para lo cual se dispondrá de ocho tipos de granallas clasificadas de acuerdo a dos grupos:

#### **Grupo 1. Tipos de Granallas Angulares.**

G -- 25

G -- 40

G -- 50

G -- 80

#### **Grupo 2.- Tipos de Granallas Esféricas**

S -- 110

S -- 170

S -- 230

S -- 280

**Tabla N° 1.-**

Comportamiento de la Granalla Angular.

Tipo de Granalla	Perfil de Rugosidad micras	Tiempo min	Superficie m <sup>2</sup>
G - 25	93.7	60	19.3
G - 40	71.8	60	18.2
G - 50	48.7	60	17.9
G - 80	26.6	60	16.8

**Tabla N° 2**

Comportamiento de la Granalla Esférica.

Tipo de Granalla	Perfil de Rugosidad micras	Tiempo min	Superficie m <sup>2</sup>
S - 110	16.5	60	14.9
S - 170	25.9	60	15.7
S - 230	32.5	60	16.3
S - 280	59.9	60	17.5

## **2.- Aplicación de Pinturas.**

En esta etapa se revisaron los distintos sistemas de aplicación de aplicación de pinturas disponibles en nuestra planta: Convencional, Airless, etc.

Además se experimentó con esquemas básicos de pintura: Alquídicos, epóxicos, Coal-tar epoxy, poliuretanos y ricos en Zinc. Un esquema de pintura esta dado por la especificación del primer utilizado, tipo de pintura y numero de manos y espesor de la película de pintura.

La aplicación de esquemas de pintura requiere de superficies con un rango de rugosidad entre 25 y 70 micras para asegurar un óptimo anclaje de la pintura al metal base.

## **2.1.- Aplicación Pintura.**

El objetivo en esta etapa fue obtener el conocimiento para detectar posibles fallas más comunes en pintura y de esta manera eliminar posibles causas antes de llamar al proveedor para que revise la situación.

De acuerdo a esto fuimos capaces de responder a los siguientes cuestionamientos:

- 1.- ¿Se utilizaron los materiales apropiados?
- 2.- ¿Los componentes se encuentran dentro de su vida útil?
- 3.- ¿ Se realizó la mezcla adecuada?
- 4.- ¿Se adicionó diluyente y de qué tipo?
- 5.- ¿Las condiciones de temperatura controlada fueron las adecuadas?
- 6.- ¿Se cumplió con los tiempos de repintado?
- 7.- ¿Cuál fue el espesor de película húmeda y seca y cómo se registra?

## **3.1.- Estudio de optimización de Granallado y Pintura**

Con el objeto de cumplir con el objetivo de optimizar los procesos de granallado y pintura que se realizan en la planta, se diseñó un set de pruebas que permitieron conocer la influencia de los distintos parámetros que intervienen en el proceso, así como también determinar la relación existente entre los esquemas de tratamiento superficial y de pintura de terminación aplicados a la superficie metálica.

El conocimiento adquirido durante el desarrollo de las pruebas llevó a establecer que los costos de aplicación de pintura dependen fuertemente del perfil de rugosidad producida durante el granallado de la superficie. Esto significó readecuar el programa

experimental definido inicialmente y el análisis de resultados para estudiar la dependencia existente entre los procesos de granallado y pintura, lo que derivó en la optimización conjunta de ambos procesos.

El estudio de optimización realizado consistió en la comparación de los distintos parámetros y su influencia en el costo final de los procesos de granallado y pintura, en forma conjunta. La optimización estuvo compuesta por las siguientes etapas:

- 1) Estudio de los perfiles de rugosidad exigidos por la norma para la aplicación de un esquema de pintura determinado.
- 2) Medición de perfiles de rugosidad generados por las distintas granallas para cada esquema de tratamiento superficial.
- 3) Determinación del tiempo usado en granallado y pintura, de acuerdo a la granalla utilizada.
- 4) Determinación del costo de los procesos de granallado y pintura según la granalla utilizada.
- 5) Determinación de la granalla óptima, que minimiza el costo final, dada la clasificación del acero, el grado de limpieza y el esquema de pintura a aplicar.

Los puntos 1 a 3 se estudiaron durante la realización de las pruebas, por lo que en esta etapa son parámetros conocidos.

Para el desarrollo del punto 4, se aplicaron todos los esquemas de pintura a cada una de las superficies tratadas lo que resulta en la aplicación de 512 combinaciones granallado-pintura.

El costo del granallado se calculó considerando el valor de las horas hombre utilizadas, el costo de uso de los equipos y el valor de los insumos. De igual forma se calculó el costo de aplicación de los esquemas de pintura.

En lo que respecta al punto 5 se determinó la granalla optima para cada tratamiento superficial y para cada esquema de pintura, como se indica a continuación.

Para cada esquema de limpieza se calculó su costo usando como parámetro el tipo de granalla usado, equivalentemente la rugosidad. Luego se calculó el costo de la aplicación de cada esquema de pintura en función del tipo de granalla.

Posteriormente se sumó el costo total de tratamiento superficial y aplicación de pintura en función del tipo de granalla y los resultados se compararon para todos los tipos de granalla. Los resultados de estas comparaciones se presentan en el anexo de resultados. El análisis de los resultados generados permitió escoger el tipo de granalla que cumple con el perfil de rugosidad requerido y a su vez minimiza los costos del proceso, dado el grado del metal base, el tratamiento superficial y el esquema de pintura.

Como una forma de ejemplificar los resultados obtenidos, a continuación se presenta un cuadro en el cual se analizan los resultados utilizando las granallas G-80 y G-25 aplicadas a un tratamiento superficial SSPC-SP5 y un esquema de pintura D (Inorgánico de Zinc).

La diferencia de rugosidad y costo del granallado obtenidos usando ambas granallas, se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°1**

Grado D	Rugosidad	Rendimiento	Costo de granallado
G-80	26,9 micras	12,3 m <sup>2</sup> /hr	\$ 65021
G-25	93 micras	9,4 m <sup>2</sup> /hr	\$ 85081

Base de calculo = 100 m<sup>2</sup>

**Conclusión:** De acuerdo a este ejemplo, si usamos la granalla tipo G-25, el costo de aplicación es \$ 20.060.- más costoso que usando la granalla tipo G-80.

Luego, tomando en consideración las rugosidades obtenidas en cada caso, tenemos que:

**Cuadro N°2**

Esquema D	Precio \$/Galón	Rendimiento m <sup>2</sup> /Galón	Costos Insumos \$/m <sup>2</sup>	Superficie 100 m <sup>2</sup>	Costos \$
Inorgánico de Zinc	20.500.-	17.3.-	1.183.-	100.-	118.295.-
Diluyente	3.850.-		67.-	100.-	6.665.-
Suma					124.960.-

**Conclusión:**

Como se desprende del cuadro N° 1, la granalla G-25 genera un perfil de rugosidad media 67,9 micras mayor que el producido por la granalla G-80. El costo de recubrir esta diferencia de rugosidad con el esquema de pintura D (cuadro N° 2) es de \$124.960. Lo anterior se traduce en un ahorro de \$104.630 al usar la granalla G80 frente a la G-25, para una superficie de 100 m<sup>2</sup>.

Por último, si consideramos que en la empresa se granalla y pinta un promedio de 125 m<sup>2</sup>/día se obtiene un ahorro potencial de 34.004.750 \$/año.

### 3.- IMPACTOS DEL PROYECTO

El principal impacto generado por la ejecución del proyecto es la optimización de los procesos de granallado y pintura, es decir la disminución de costos y tiempos de ejecución asegurando la optima calidad del trabajo. Además el proyecto ha generado otros impactos, tanto en la metodología de trabajo de la empresa, como en la actitud de los operarios. A continuación se detallan los más relevantes.

- Generación de manuales internos de operación, que incorporan los requerimientos de la normativa internacional en la materia.
- Generación de manuales de seguridad que cumplen con las normas de seguridad establecidas por la normativa chilena.
- Mejoras en la calidad del trabajo: Debido a la capacitación y activa participación de los operarios en la ejecución del proyecto se ha generado un cambio de actitud frente al trabajo y al cumplimiento de las normas de seguridad, lo que se traduce en mayor eficiencia y mejor calidad de los trabajos realizados.
- Implementación de protocolos de Inspección (control de calidad en el proceso y en el producto final).

La existencia de manuales internos permite al Departamento Comercial entregar una mejor orientación al cliente en cuanto a los procedimientos de operación y calidad de los productos ofertados por la empresa.

Modificación de actitud frente al trabajo tanto técnicamente, como en cuanto a seguridad.

Se ha obtenido información dura (datos experimentales) a partir de la cual se sentarán las bases para trabajar bajo sistemas ISO y bajo normas en áreas técnicas, de control de calidad y seguridad industrial.

La experiencia adquirida durante el desarrollo de proyecto permitirá afrontar eficientemente futuros requerimientos que incluyan tratamientos superficiales y/o aplicación de esquemas de pintura distintos de los estudiados en este proyecto, optimizándolos de acuerdo a la metodología utilizada en este estudio.

El trabajo desarrollado y la experiencia adquirida se encuentra debidamente documentada, lo que permite disponer de un banco de datos único y en general conforma un trabajo de investigación en un área poco estudiada en el país.

El estudio de investigación ha generado un potencial real de negocio, ya sea a través de asesorías en la implementación de tecnologías como la utilizada en este proyecto, como por la venta del servicio de granallado y pintura a terceros. Esto último implicará, por ejemplo, crear un equipo que comercialice el servicio para copar la capacidad instalada que posee la empresa, ya que en la actualidad se tiene una disponibilidad de aproximadamente un 40% de tiempo (para un turno de trabajo).

#### **4.- PROBLEMAS PRESENTADOS EN LA EJECUCION DEL PROYECTO.**

Las principales dificultades encontradas durante la ejecución del proyecto tuvieron su origen, principalmente, en la inexistencia en el país, y por ende en el personal participante en el proyecto, de conocimiento teórico y práctico respecto de las operaciones de granallado y pintura. Esto llevó a subestimar el tiempo requerido en algunas actividades y a no dimensionar la complejidad en otros casos. A continuación se describen en forma detallada los inconvenientes presentados en la ejecución del proyecto.

En la primera etapa del proyecto el principal problema fue completar el desarrollo de las actividades dentro de los plazos asignados en el gantt del proyecto. Lo anterior, por que la lógica dependencia y secuencia de las tareas obligó a redistribuir actividades que se encontraban concentradas en muy poco personal. Además muchas tareas investigativas tuvieron ramificaciones y complejidades mayores que las visualizadas inicialmente. Por lo tanto, se debió modificar en algunos aspectos el gantt del proyecto, extendiéndose algunas actividades e incorporando apoyo en horas hombres de parte de personal no incluido inicialmente. En atención a esto, las pruebas prácticas para recopilación de datos estadísticos para las optimizaciones pudieron comenzar recién a comienzos de julio, con el consiguiente desfase en las actividades restantes.

Otra dificultad encontrada está dada por el planteamiento de la optimización de los procesos de granallado y pintura en forma independiente. El desarrollo de las pruebas mostró que el granallado influye de manera determinante en los costos del proceso de pintura, por lo que la optimización se realizó en forma conjunta.

## **5.- CONCLUSIONES Y RESULTADOS.**

### **5.1.- CONCLUSIONES:**

Los procesos de granallado y pintura se encuentran íntimamente relacionados, la utilización de granallas que entregan mayores rendimiento de tratamiento de la superficie implican elevadas rugosidades que requieren ser cubiertas con una mayor aplicación de pintura. A partir de lo anterior se definió la combinación óptima de factores en cada proceso. Esta optimización persigue, en esencia, “ lograr la superficie y terminación definida según norma con el mínimo de tiempo y máxima economía en materiales y mano de obra” .

La empresa a desarrollado y puesto a punto una infraestructura única en el país, con tecnología de punta y ambientalmente amigable, desarrollada de acuerdo a estándares internacionales, por lo que puede competir con las tecnologías ofrecidas en el extranjero. Además la experticia adquirida a través de la ejecución del proyecto permitirá explorar nuevas áreas de negocios tanto en la prestación de servicios a terceros en las operaciones de tratamiento superficial y pintura como brindando asesorías a empresas del rubro metalmecánico en el desarrollo e implementación de sistemas de granallado y pintura

## 5.2.- RESULTADOS:

Se presenta a continuación el índice de documentos que demuestran algunos de los resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto, los cuales se encuentran en el **anexo N° 3** del informe.

N <sup>a</sup>	Descripción del documento
1.-	Manual de Seguridad aplicado al proceso de granallado y pintura.
2.-	Procedimiento para el tratamiento superficial y la aplicación de pintura.
3.-	Especificaciones generales para el tratamiento superficial y aplicación de pintura.
4.-	Procedimiento para el tratamiento superficial y la aplicación de pintura exterior en estanque de 200 m <sup>3</sup>
5.-	Esquemas de tratamiento superficial y pintura.
6.-	Matrices de resultado.

## 6.- ANEXOS.

Los anexos se encuentran ordenados de acuerdo al siguiente esquema:

- 1.- Resumen de actividades desarrolladas. (Se encuentra como parte integral de este documento).
- 2.- Resumen de gastos reales.
- 3.- Documentos anexados como resultados.
- 4.- Liquidaciones de sueldos.
- 5.- Facturas.

# ANEXO 2.

## ESTRUCTURA DE COSTOS REALES PROYECTO DE INNOVACION TECNOLÓGICA (Valores expresados en miles de \$)

### 1.- DATOS GENERALES.

Nombre del ejecutivo	Señor Cristián González
Título proyecto	Optimización del Proceso de Granallado y Pintura de Grandes Piezas de Acero.
Código del proyecto	99-1740
Fecha de la visita	
Empresa	Vapor Industrial S.A.
Nº Total informes	2
Nº Informe referido	Informe final

## 2.- RESUMEN AVANCE FINANCIERO DEL PERIODO.

Partidas de Costo	Gastos Programados	Gastos Inf. Avance	Gastos Inf. Final	Total gastos Reales
Personal de investigación	88.400.-	35.856.-	36.369.-	72.226.-
Personal de apoyo	39.748.-	17.990.-	20.142.-	38.132.-
Servicios, materiales y otros	22.574.-	9.405.-	27.195.-	36.601.-
Usos de bienes de capital	19.833.-	8.485.-	9.374.-	17.859.-
Adquisición bienes de capital				
<b>Total (miles de \$)</b>	<b>170.555.-</b>	<b>71.736.-</b>	<b>93.080.-</b>	<b>164.818.-</b>

(\*) Se entiende por Costo real del proyecto a todos los gastos realizados durante el desarrollo, inclusive aquellos no previstos y que han debido ser financiados con mayores aportes de la empresa.

## 3.- DETALLE DE GASTOS TOTALES.

### a) Costos en personal de investigación.

Personal de investigación	Gastos (\$)
Jefe de Proyecto/Fredy Tobar B.	4.768.664.-
Ingeniero Proyecto/Esteban Solari Bertoglia	6.498.927.-
Asesor Infraestr., Equip. y Gestión/Esteban Solari Bonta	6.687.020.-
Gerente de Operaciones/Miguel Caro D.	7.580.387.-
Gerente General/Ronald Orchard S.	5.776.143.-
Jefe de producción/Alberto Vargas U.	3.891.143.-
Jefe de Control de Calidad/Victor Segura Z.	1.167.136.-
<b>Total parcial (1)</b>	<b>36.369.421.-</b>
<b>Total acumulado (2) (Incluye cifra inf. Avance)</b>	<b>72.226.059.-</b>

**b) Costos en personal de apoyo.**

<b>Personal de apoyo</b>	<b>Gastos (\$)</b>
Controlador de pintura/Mario Caballero R.	2.133.282.-
Maestro de pintura/Victor Caviedes M.	1.075.669.-
Operarios (7)	9.603.619.-
Ayudantes (7)	7.329.699.-
<b>Total parcial (1)</b>	<b>20.142.269.-</b>
<b>Total acumulado (2) (Incluye cifra inf. Avance)</b>	<b>38.132.482.-</b>

**Nota:** El Sr. Roberto Pardo (maestro de pintura), se desvinculó de la empresa, por lo tanto no aparece en la 2° etapa del proyecto. Fue reemplazado por el Sr. Victor Caviedes.

**c) Costos en servicios, materiales y otros.**

<b>Servicios, materiales y otros.</b>	<b>Gastos (\$)</b>
Granalla esférica	518.500.-
Granalla angular	79.000.-
Solvente epòxico	342.685.-
Solvente epòxico aducto	508.872.-
Pintura esmalte epòxico	169.024.-
Pinturas varias	11.839.125.-
Acero	8.250.607.-
Electricidad .	90.000.-
Capacitación teórica	300.000.-
Preparación de proyec. FONTEC	1.016.574.-
Guantes, buzo, vidrio y otros	558.883.-
Articulo de seguridad	802.400.-
Otros	29.339.-
Gas	276.748.-
Otros granalla.	709.730.-
Otros pintura.	1.703.739.-
<b>Total parcial (1)</b>	<b>27.195.226.-</b>
<b>Total acumulado (2) (Incluye cifra inf. Avance)</b>	<b>36.601.149.-</b>

d) Costos en uso de bienes de capital.

<b>Uso de bienes de capital.</b>	<b>Gastos (\$)</b>
Terrenos	2.781.389.-
<b>Edificio Construcciones</b>	
Fábrica	1.888.417.-
Oficina	484.500.-
Planta de granallado y pintura	3.669.639.-
<b>Utiles y equipos de oficina</b>	
2 Computadores	170.000.-
Fotocopiadora.	105.082.-
Teléfonos y fax.	210.165.-
Vehículo de transporte (camión)	64.600.-
<b>Total parcial (1)</b>	<b>9.373.792.-</b>
<b>Total acumulado (2) (Incluye cifra inf. Avance)</b>	<b>17.859.125.-</b>

### 3.1.- DETALLE DE GASTOS POR MES:

#### a) Costos en personal de dirección y de apoyo.

COSTOS PERSONAL DE DIRECCION, INVESTIGACION Y APOYO						
Cifras expresadas en pesos (\$)						
Personal de Investigación	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
<b>Personal de dirección</b>						
Fredy Tobar B.	1.084.836	1.097.597	1.084.836	1.084.836	416.558	4.768.664
Esteban Solari Bertoglia	1.424.919	1.435.379	1.424.938	1.424.938	788.753	6.498.927
Esteban Solari Bonta	1.472.336	1.481.485	1.472.336	1.472.336	788.526	6.687.020
Miguel Caro D.	1.695.331	1.705.866	1.695.331	1.695.331	788.526	7.580.387
Ronald Orchard S.	1.244.970	1.252.707	1.244.970	1.244.970	788.526	5.776.143
Alberto Vargas U.	863.161	836.830	865.437	904.777	420.938	3.891.143
Victor Segura Z.	258.456	259.166	250.436	255.612	143.466	1.167.136
					<b>Sub Total</b>	<b>36.369.421</b>
<b>Personal de apoyo</b>						
Mario Caballero R.	381.410	474.453	500.300	419.776	357.343	2.133.282
Victor Caviedes M.	191.048	225.421	207.496	240.289	211.415	1.075.669
<b>Operarios</b>						
Cesareo Jaramillo M,	259.441	304.455	267.155	256.919	242.302	1.330.272
Carlos Antiquero W.	300.021	383.179	352.661	260.090	232.639	1.528.590
Luis Sepulveda L.	302.489	385.564	357.260	283.266	251.346	1.579.925
Roberto Calderón O.	275.020	259.071	230.934	254.788	249.967	1.269.781
José Santander M	278.184	264.310	269.483	284.952	263.670	1.360.600
Urbano Martínez F.	217.480	238.272	230.037	220.011	194.307	1.100.107
Juan Mendoza B.	280.882	326.979	331.525	260.293	234.665	1.434.345
					<b>Sub Total</b>	<b>9.603.619</b>
<b>Ayudantes</b>						
Luis Garrido yañes	243.600	324.889	268.999	235.553	210.449	1.283.490
Enrique Espinoza R.	167.134	167.167	161.375	157.541	143.986	797.203
Miguel Campos F.	176.541	215.345	172.566	186.352	166.704	917.508
Patricio Valencia C.	174.522	204.307	221.441	160.252	141.762	902.284
Felizardo Esparza S.	232.293	238.061	224.240	235.814	208.975	1.139.383
Segundo Calderon O.	227.517	234.793	228.275	241.007	215.306	1.146.899
Nibaldo Vega S.	235.769	237.631	227.504	231.868	210.161	1.142.933
					<b>Sub Total</b>	<b>7.329.699</b>
<b>TOTALES</b>	<b>11.987.362</b>	<b>12.552.929</b>	<b>12.289.536</b>	<b>12.011.571</b>	<b>7.670.291</b>	<b>53.302.739</b>

**Nota:** Para incluir el mes de diciembre (la proporción correspondiente a 10 días apróx.), se tomó como referencia los sueldos del mes de noviembre, ya que a la fecha no han sido confeccionadas las planillas correspondientes al mes en cuestión.

**b) Costo en servicios, materiales y otros.**

<b>COSTO EN SERVICIO, MATERIALES Y OTROS.</b>					
Cifras expresadas en pesos (\$)					
<b>Servicios</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Total</b>
Granalla esférica	118.500			400.000	518.500
Granalla angular			79.000		79.000
Solvente epòxico		309.685	33.000		342.685
Solvente epòxico aducto	15.500	301.031	126.362	65.979	508.872
Pintura esmalte epòxico	60.085	48.539	60.400		169.024
Pinturas varias	3.813.429	2.565.073	3.234.077	2.226.546	11.839.125
Acero	454.272	3.396.720	4.142.485	257.130	8.250.607
Electricidad			90.000		90.000
Capacitación teórica	300.000				300.000
Preparación de proyec. FONTEC	278.820		737.754		1.016.574
Guantes, buzo, vidrio y otros	337.720		2.555	218.608	558.883
Artículo de seguridad			699.200	103.200	802.400
Otros	16.322	13.017			29.339
Gas			276.748		276.748
Otros granalla.	259.510	15.060	435.160		709.730
Otros pintura.	820.713		859.026	24.000	1.703.739
<b>TOTALES</b>	<b>5.394.648</b>	<b>6.649.125</b>	<b>10.775.767</b>	<b>3.295.463</b>	<b>27.195.226</b>

**c) Costo de uso de bienes de capital.**


<b>Especificación de bien de capital</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Total</b>
<b>Uso de bienes de capital existentes</b>					
Terrenos	818.056	818.056	818.056	327.222	2.781.389
<b>Edificio Construcciones</b>					
Fabrica	555.417	555.417	555.417	222.167	1.888.417
Oficina	142.500	142.500	142.500	57.000	484.500
Planta de granallado y pintura	1.079.306	1.079.306	1.079.306	431.722	3.669.639
<b>Útiles y equipos de oficina</b>					
2 Computadores	50.000	50.000	50.000	20.000	170.000
Fotocopiadora.	30.907	30.907	30.907	12.363	105.082
Teléfonos y fax.	61.813	61.813	61.813	24.725	210.165
Vehículo de transporte (camión)	19.000	19.000	19.000	7.600	64.600
<b>Total</b>	<b>2.737.998</b>	<b>2.737.998</b>	<b>2.737.998</b>	<b>1.102.799</b>	<b>9.373.792</b>

**2.3.- Comentarios (USO EXCLUSIVO FONTEC)**

Empty box for comments.



\_\_\_\_\_  
Ronald Orchard S.  
Representante Legal Empresa



MARIA ELENA NIÑO PAREDES  
Contador Auditor Univ. de Chile  
RUT N° 6.020.204-4

\_\_\_\_\_  
Contador



\_\_\_\_\_  
Ejecutivo de Proyectos  
FONTEC

La información que respalda la presente rendición se encuentra disponible en el Departamento de Contabilidad de la empresa para cualquier consulta o revisión por parte de FONTEC u otro organismo fiscalizador.

Declaro bajo juramento que los datos contenidos en esta Declaración de Gastos son verídicos. Asimismo, declaro conocer las disposiciones relativas a sanciones en caso de suministrar informaciones incompletas, falsas o erróneas.

# **ANEXO 3.**

**DOCUMENTOS ANEXADOS COMO RESULTADOS**

**N°1**

**Manual de Seguridad aplicado al proceso de granallado y pintura.**

# **Vapor industrial S.A.**

## **Departamento de Prevención de Riesgos**

### **Procedimiento de Trabajo Seguro aplicado al proceso de Granallado y Pintura**

#### **INDICE**

- 1. Objeto**
- 2. Alcance**
- 3. Responsabilidad**
- 4. Definiciones**
- 5. Procedimiento secuencial de trabajo**
- 6. Medidas preventivas**
- 7. Referencias**

## **1.- OBJETO**

Evitar que en la ejecución de los procedimientos de granallado y pintura se presenten condiciones y/o acciones inseguras, que atenten contra la integridad física de los operarios ya sea por la ocurrencia de incidentes o accidentes o bien por Enfermedades Profesionales relacionadas con el proceso.

## **2.- ALCANCE**

Será aplicable a todos los procedimientos de Tratamiento Superficial y Aplicación de Pintura que ejecuta el Departamento de Revestimiento de Vapor Industrial S.A., y descrita en la Orden de Trabajo (OT) correspondiente.

## **3.- RESPONSABILIDAD**

Será de responsabilidad del Jefe del Departamento de Revestimientos, de su Supervisor de Área y de los directamente involucrados, velar por el cumplimiento del presente procedimiento e instrucciones de trabajo, aplicando permanentemente una cultura preventiva tendiente a minimizar los riesgos inherentes, de acuerdo a las normas que establece la Seguridad Industrial y la Higiene Industrial.

## **4.- DEFINICIONES**

- a) Riesgo: Probabilidad de que un peligro se transforme en pérdidas
- b) Peligro: Cualquier situación, acto o condición en que una persona se acerque al umbral natural de lo que es debidamente seguro
- c) Pérdida: Consecuencia o resultado de un riesgo fuera de control
- d) Accidente (Según Ley N° 16.744): Toda lesión que sufra una persona, a causa, con ocasión o como consecuencia del trabajo y que le produzca una lesión, incapacidad parcial, temporal o la muerte.
- e) Incidente: Acontecimiento no deseado que habiendo ocurrido no provoca pérdidas, no genera daños a las personas ni a la propiedad.
- f) Elemento de Protección Personal: Elemento ergonómicamente diseñado para la protección de las personas, ante los riesgos específicos de su actividad productiva.
- g) Higiene Industrial: Ciencia y Arte, cuyo objetivo es el reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones que se originen en el lugar de trabajo y que pueden causar enfermedades, problemas de bienestar, incomodidades e ineficiencia de los trabajadores.

- e) Comienzo de la operación
- f) Limpiar las estructuras
- g) Comparaciones técnicas
- h) Traslado de las piezas o estructuras metálicas a la sala de pintura

## **5.2 PINTURA**

- a) Verificar las condiciones ambientales de temperatura y ventilación
- b) Verificar estado elementos de protección personal
- c) Efectuar procedimiento según especificaciones técnicas

## **5.3 RIESGOS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD**

### a) Generales:

- Orden y aseo industrial
- Condiciones de Higiene Industrial
- Condiciones de Higiene Ambiental
- Demarcación de áreas de trabajo
- Demarcación de pasillos de circulación
- Tableros eléctricos en buenas condiciones de uso
- Máquinas y herramientas sin usarse; desconectadas de fuente de energía eléctrica
- Trabajos eléctricos en ejecución; aislados, señalizados sus peligros y prohibición de tránsito en el sector
- Máquinas y herramientas en perfecto estado de funcionamiento y mantención

## **5.4 RIESGOS TIPICOS PARA LOS TRABAJADORES**

- |                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| a) De accidentes | De Enfermedades Ocupacionales |
| Respiratorios    | Respiratorias                 |

## 6.- MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR

### a) Con los Operadores

- Selección de personal técnicamente calificado
- Selección de personal física y psicológicamente capacitado, según Examen Pre-ocupacional
- Charla de inducción a trabajadores nuevos
- Entrega de Reglamento Interno a trabajadores nuevos
- Capacitación y entrenamiento permanente de los operadores
- Tomar las medidas necesarias para permitir la concentración laboral
- Fiscalización continua del correcto uso de los elementos de protección personal
- Exámenes Ocupacionales semestrales
- Entrega oportuna de los Elementos de Protección Personal  
Cambio o renovación oportuna de Elementos de Protección Personal
  - Para ambas labores se dispone la renovación anual de Zapatos de Seguridad, o cuando el estado de presentación y seguridad de éstos lo ameriten
  - Traje hermético sellado y con suministro mecánico de aire para Granalladores
  - Para ambas labores se utilizarán cuerdas de seguridad, para trabajos que sobrepasen los 3 m. de altura
  - Para ambas labores se utilizarán cinturones de seguridad, para trabajos que sobrepasen los 2 m. de altura
  - Para Pintores se disponen los siguientes elementos
    - Traje TYVEK, cuya vida útil es de; 10 lavados
    - Máscara doble vía, con filtro para vapores orgánicos
    - Guantes de seguridad
    - Casco de seguridad

### b) **Con Maquinarias, Herramientas, Equipos y Áreas de Trabajo**

- Revisión de todos los equipos antes de utilizarlos
- Calendarización de mantenimiento para maquinarias
- Mantenimiento adecuado para herramientas
- Mantenimiento adecuado para herramientas eléctricas

## 7.- REFERENCIAS

- Decreto Supremo N° 40 y 50 Ley 16.744
- Decreto Supremo N° 745 Ley 16.744
- Ley N° 18.620 sobre Reglamento Interno de Higiene y Seguridad
- Norma N.CH.Elec.4/84 sobre Instalaciones Interiores de baja tensión

<b>ELABORADO POR</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>AUTORIZADO POR</b>	<b>FECHA</b>

**N°2**

**Procedimiento para el tratamiento superficial y la aplicacion pintura.**

VAPOR INDUSTRIAL S.A.

PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL  
Y LA APLICACION PINTURA

INDICE

1. Objeto
2. Alcance
3. Responsabilidad
4. Definiciones
5. Descripción de la Actividad
6. Referencias
7. Anexos
8. Registros

0	F. Tobar		04/08/00	F. Tobar		04/08/00
Revisión	Revisado por	Firma	Fecha	Aprobado por	Firma	Fecha

## PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL Y LA APLICACIÓN DE PINTURA

### 1.- Objeto

El objeto de este procedimiento es describir la ejecución del Tratamiento Superficial y la Aplicación de Pintura.

### 2.- Alcance

Este procedimiento es aplicable a las actividades de Tratamiento Superficial y Aplicación de Pintura que ejecuta el personal del departamento de Revestimiento de Vapor Industrial S. A. y descrita en la orden de trabajo (OT).

### 3.- Responsabilidad

Será responsabilidad del Jefe del Departamento de Revestimientos, velar por el cumplimiento del presente procedimiento e instrucciones de trabajos relacionadas a éste.

Será responsabilidad del Supervisor, ejecutar los trabajos necesarios para desarrollar las respectivas OT. Revisar los esquemas de tratamientos superficial y esquema de pintura, entregar las instrucciones al personal a su cargo, supervisar, controlar y velar por la seguridad industrial.

Será responsabilidad del Controlador, llevar los registros de los diferentes proceso establecido para la OT respectiva.

Será responsabilidad del Maestro Granallador, operar la planta de granallado y realizar el tratamiento superficial a las piezas, estructuras y/o estanque. Además deberá cumplir con lo estipulado en el punto 5.1.

Será responsabilidad del Maestro Pintor, disponer de los equipos de aplicación de pintura , preparar la pintura de acuerdo a la ficha técnica del proveedor y aplicarla de acuerdo a las técnicas del arte y oficio, además deberá cumplir con el punto 5.2.

### 4.- Definiciones

- 4.1 Corrosión: Es el proceso físico-químico que se produce en algunos materiales cuando pasan de un estado inestable a otro más estable.

- 4.2 Pintura: Mezcla de pigmentos, resina y diferentes tipos de aditivos.
- 4.3 Post life: Tiempo de vida útil de la mezcla.
- 4.4 Granalla: Material abrasivo de acero, utilizado para la limpieza superficial.
- 4.5 Espesor de pintura: Capa de recubrimiento, expresado en micras o mils.
- 4.6 Esquemas: Descripción del tipo, calidad y espesor de la pintura
- 4.7 Orden de trabajo: Documento emitido por Gerencia de Producción que define la validez de las especificaciones técnicas

## 5 Descripción de la Actividad

### 5.1 Proceso de Granallado

La vida útil de una pintura depende directamente con el tratamiento superficial de la superficie a proteger. Este proceso debe eliminar de la superficie limpiada todo elemento visible de aceite, grasa, polvo, óxidos productos de la corrosión y todo material extraño.

- 5.1.1 El proceso de granallado lo ejecutará el maestro granallador.
- 5.1.2. En todo el proceso de granallado, se utiliza solamente granalla de acero como elemento abrasivo, los cuales deberán estar limpios, secos y libres de grasas u otro elemento contaminante.
- 5.1.3 Revisar que el equipo de granallado este en óptimas condiciones chequear que los compresores estén en buen estado
- 5.1.4 Despichar filtro y pulmón de alimentación de aire
- 5.1.5. Las líneas de suministro de aire comprimido, deberán estar equipadas con trampas para la eliminación de humedad y aceite.
- 5.1.6 Previo a la utilización del aire comprimido, se deberá comprobar la calidad del aire ( presencia de aceite y humedad) a utilizar en la salida del separador de acuerdo a los requisitos de la norma ASTM D4285-83.
- 5.1.7 Se usará preferentemente boquilla N° 6 o N° 5, a una presión de aire de 90 lb/pulg<sup>2</sup>.

- 5.1.8 Alimentar los equipos con granalla.
- 5.1.9 Simultáneamente cargar la planta de granallado con estructuras.
- 5.1.10 Comenzar a granallar según instrucciones del Capataz
- 5.1.11 Terminado el proceso de granallado, limpiar las estructuras y/o estanque, mediante el uso de aire comprimido.
- 5.1.12 Comparar el tratamiento superficial (limpieza) aplicado en la estructura, con el respectivo patrón de calidad, de acuerdo a una inspección visual usando estándares según el SSPC-VIS 1—89 o similar
- 5.1.13 También se testeará el perfil de rugosidad promedio usando un comparador tipo Keane-Tator o similar, según norma ASTM D 4417-93
- 5.1.14. Luego se superadas estas etapas se traslada todas estas estructura a la siguiente etapa de Aplicación de Pintura.

## 5.2 Proceso de Pintura

- 5.2.1 Como primera regla de oro se tendrá que determinar si están las condiciones ambientales mínimas para comenzar el proceso de aplicación de pintura:  
Se deberá comenzar el proceso de pintura cuando la temperatura de la superficie esté 3° C sobre la temperatura del punto de rocío.
- 5.2.2 El proceso de Pintura lo realizará el maestro pintor.
- 5.2.3 El maestro deberá consultar al Capataz, si están las condiciones ambientales para iniciar el proceso de pintura.
- 5.2.4 Consultar la ficha técnica del producto que se va a ocupar.
- 5.2.5 Asegurar que el envase con el producto tenga una identificación clara de su contenido, proporción de mezcla y diluyente a usar.
- 5.2.6 Agitar el componente A y luego el componente B del recubrimiento.
- 5.2.7 Revisar el “ post life “ del producto.

- 5.2.8 Realizar la mezcla de los componentes en función de la proporción de mezcla.
- 5.2.9 Adicionar el diluyente correspondiente a la mezcla.
- 5.2.10 Agitar para homogenizar la mezcla con el agitador hidráulico.
- 5.2.11 Comenzar a aplicar el producto controlando la aplicación, midiendo el espesor de película húmeda de acuerdo a la norma ASTM D 4414-95.
- 5.2.12 Dejar secar el producto, según lo recomendado en la ficha técnica del proveedor.
- 5.2.13. Luego el Controlador medirá los espesores de película seca, según norma SSPC-PA 2, usando el equipo Elcometer 345, y los anotará en el registro de medición de pintura, luego continuar con el esquema de pintura especificado.
- 5.2.14 Al término de cada jornada limpiar cada uno de los elementos de trabajo y guardarlos.

## 6. Referencias.

- 6.1 Steel Structures Painting Council,  
John D. Keane, Third Edition Volume 1, 1994.
- 6.2 Steel Structures Painting Council,  
John D. Keane, Third Edition Volume 2, 1994.
- 6.3 Corrosión en Procesos Industriales.  
Carmen Silva G., 1999.
- 6.4 El Proceso de Granallado.  
Thales M. Watanabe.
- 6.5 Controles de Operación de Granallado.  
Thales M. Watanabe.
- 6.6 Guía Técnica de Producción Limpia Rubro Pinturas,  
María Elena Torres, 1998.

### Catálogos de Pintura de Proveedores:

- 6.7 International Protective Coatings.  
1997.

- 6.8 Sherwin Williams Chile S. A.  
División Industrial, 1997.
- 6.9 Ameron International.  
Protective Coatings Group, 1996.
- 6.10 Hempel's.  
1996.

A continuación se enuncian las normas internacionales, ASTM que se aplican en este procedimiento y forman parte de la bibliografía técnica de nuestra empresa:

American Society for Testing and Materials.

- 6.11 ASTM D 4285-83, Standard Test Methods for  
Indicating Oil Water in Compressed Air.
- 6.12 ASTM D 4417-93, Standard Test Methods for  
Field Measurement of Surface Profile Of Blast Cleaned Steel.
- 6.13 ASTM D 4414-95, Standard Practice for  
Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages.
- 6.14 ASTM D 1186-93, Standard Test Methods for  
Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of  
Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base.

7. Anexos

Anexo N° 1 : Registro de granallado

Anexo N° 2 : Registro de medición de pintura

8. Registros

Identificación	Recolección	Indexación	Acceso	Llenado	Almacenamiento	Mantenición	Disposición
Registro de Granallado	OT OS	N° OT N° OS	Rev.	Rev.	Rev.	1 año	Eliminar
Registro de Medición de Pintura	OT OS	N° OT N° OS	Rev.	Rev.	Rev.	1 año	Eliminar

Anexo N° 1 Registro de Granallado

Cliente :

O. T. :

Fecha :

Lote :

Tratamiento Superficial Requerido	Comparación Visual	Perfil de Rugosidad Micras
-----------------------------------	--------------------	----------------------------

	Aprobado _____ Rechazado _____	
	Aprobado _____ Rechazado _____	

Observaciones

Anexo N° 2 Registro de Medición de Pintura

Cliente :

OT :

Fecha :

Condición Ambiental

Fecha de Medición:

Temp. Ambiente ° C	Humedad Relativa %	Temp. De Rocío ° C	Temp Superficial ° C	Condición de Pintado
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------------	----------------------

--	--	--	--	--

Sistema de Pintura

Esquema de Pintura	Productos	Espesor Esquema Mils	Espesor Aplicado mils
--------------------	-----------	-------------------------	--------------------------

Anticorrosivo Fecha:			
Capa Intermedio Fecha:			
Terminación Fecha:			
Total Espesor			

Controlador :

Observaciones

**N°3**

**Especificaciones generales para el tratamiento superficial y aplicación de pintura.**

VAPOR INDUSTRIAL S. A.  
DEPARTAMENTO DE REVESTIMIENTO

ESPECIFICACIONES GENERALES

PARA EL

TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Y

APLICACIÓN DE PINTURA

## 1.0 GENERAL

### 1.1 ALCANCE

Esta especificación establece los requerimientos mínimos para la aplicación de pinturas en las instalaciones de Vapor Industrial S. A.

1.2 Las siguientes superficies serán preparadas y pintadas por el personal del Departamento de Revestimiento de Vapor Industrial S. A., de acuerdo con la Tabla A y B, "Tratamiento Superficial y Esquema de Pintura", incluida en este documento, a menos que se indique lo contrario:

- 1.2.1 Elementos de acero estructural misceláneos, vigas, columnas, escalas, pasamanos, plataformas, soportes en general.
- 1.2.2 Superficie exterior e interior si corresponde, de estanques de acero carbono, elementos de calderería, ductos, cañerías y elementos de piping.
- 1.2.3 En general, todas las superficies expuestas no maquinadas de acero al carbono o fundición.

### 1.3 EXCLUSIONES

Los siguientes superficie están excluidos de esta especificación:

- 1.3.1 Superficies de acero inoxidable. Metales no ferrosos tales como aluminio, cobre, latón o superficies galvanizadas. Gomas, plásticos y vidrios.
- 1.3.2 Interior de chutes, tolvas, canaletas o estanques que serán revestidos con otros recubrimientos.
- 1.3.3 Vástagos de válvulas, ejes rotatorios, barras de cilindros hidráulicos o neumáticos, u otra superficie maquinada.
- 1.3.4 Productos de goma como sellos, correas de transmisión, etc.
- 1.3.5 Superficies a cubrir con materiales aislantes o incombustibles
- 1.3.6 No se aplicará pintura en zonas donde posteriormente vaya soldadura, estas zonas se dejarán sin recubrimiento, incluyendo una franja de 40 mm. Estas zonas se pintarán en forma posterior en calidad de retoques.

## 1.4 ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE MATERIALES DE PINTURA

- 1.4.1 La entrega de los materiales de pintura se hará en sus envases originales sellados sin daños con etiquetas legibles.
- 1.4.2 Pinturas y solventes, se almacenarán y mezclarán en áreas ventiladas y libres de polvo.
- 1.4.3 La bodega de materiales de pintura se limitará al almacenamiento de materiales y herramientas de pintura.
- 1.4.4 La temperatura del lugar de almacenamiento debe estar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de los materiales.

## 2.0 ESTANDARES DE CALIDAD

- 2.1 La calidad de los productos mencionados, cumplirán los requerimientos de esta especificación, tanto en los códigos y las normas aplicables. Si estos requerimientos se contradicen con los estándares de nuestra empresa, prevalecerá el más exigente de ellos.
- 2.2 Los siguientes códigos y estándares son de referencia:

### Steel Structural Painting Council (SSPC)

SSPC-AB-1	Mineral and Slag Abrasives
SSPC-SP-1	Solvent Cleaning
SSPC-SP-3	Power Tool Cleaning
SSPC-SP-5	White Metal Blast Cleaning
SSPC-SP-6	Commercial Blast Cleaning
SSPC-SP-10	White Blast Cleaning
SSPC-PA-2	Measurement of Dry Coating Thickness with Magnetic Gages
SSPC-VIS-1	Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel

## American Society for Testing and Materials (ASTM)

ASTM D4417-93	Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel.
ASTM D 4285-83	Standard Test Methods for Indicating Oil or Water in Compressed Air.
ASTM D 4414-95	Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages.
ASTM D1186-93	Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base.

### 3.0 MATERIALES DE PINTURA

- 3.1 Los materiales, recubrimientos y solventes, serán despachados y manejados en la planta en los envases originales del fabricante, los cuales incluirán al menos:

Nombre del fabricante  
Descripción del producto  
Color (código RAL)  
Fecha de elaboración.  
Fecha de expiración.

- 3.2 Los materiales serán almacenados de acuerdo a las instrucciones del fabricante y serán protegidos de daños que puedan ocasionar agentes como, luz solar directa, humedad y temperaturas extremas, bajo 4°C y sobre 38°C o como lo indique el fabricante del producto si fuera más exigente.
- 3.3 Todos los recubrimientos o pinturas aplicadas en una superficie o un equipo o componente serán suministrados por un mismo fabricante.
- 3.4 Los siguientes Sistemas de Pinturas están autorizados para su aplicación en la empresa Vapor Industrial S. A.:

<u>Sistema</u>	<u>Fabricante</u>	<u>Producto</u>	<u>Tipo Genérico</u>
TP-10	Carboline International Ameron Hempel S. Williams	Carbozinc 11 Interzinc 22 Dimecote 9 Galvosil 1562 Zinc Clad II	Inorgánico de Zinc
TP-20	Carboline International Ameron Hempel S. Williams	Carboline 859 Interzinc 72 Amercoat 68HS Hempadur Zinc 1736 AS 331-250	Epóxico Rico en Zinc
TP-30	Carboline International Ameron Hempel S. Williams	Carboline 893 Interseal 670 Amercoat 385 Hempadur 4515 Macropoxy 646	Epóxico Alto Sólido
TP-40	Carboline International Ameron Hempel S. Williams	Carbomastic 15 Interzone 954 Amerlock 400 Hempadur 4588 Macropoxy HS	Mastic Epóxico
TP-50	Carboline International Ameron Hempel S. Williams	Carboline 134 HS Interthane 990 Amercoat 450 HS Hempathane 5521 Corothane II	Poliuretano Alifático
TP-60	Carboline International Ameron Hempel S. Williams	Carboline 4631 Intertherm 838 Amercoat 891 Silicone Topcoat 5690 Silicolux 28	Silicona
TP-70	Carboline International Ameron Hempel S. Williams	N/A Intertuf 709 Amercoat 78 HB Hempadur 1510 AS-388-99 HB	Coal Tar Epoxy

Otros productos equivalentes a los especificados, se podrán emplear previa aprobación por escrito por parte de Vapor Industrial S. A. La información del fabricante del producto así como las instrucciones de aplicación serán enviadas para la revisión del Departamento de Revestimiento de Vapor Industrial S. A., para cada material sustituto propuesto.

#### **4.0 PREPARACION DE SUPERFICIES**

- 4.1 Deberá eliminarse todos los cantos vivos de elementos estructurales, hasta obtener bordes de contornos redondeados. Defectos de soldadura serán reparados antes de la limpieza o pintado. La salpicadura de soldadura deberá ser eliminada y la soldadura redondeada o contorneada para obtener un radio uniforme.
- 4.2 Superficies de acero que serán pintadas se prepararán de acuerdo a especificaciones de Steel Structures Painting Council Specifications.
- 4.3 Antes de la limpieza con abrasivos, la superficie a pintar deberá ser limpiada de aceite, grasa y otros contaminantes por medio de solventes de acuerdo a SSPC-SP-1.
- 4.4 Los abrasivos empleados para la limpieza de superficies deberán estar limpios, secos y libres de aceite u otros contaminantes y ser capaces de producir el perfil de superficie especificado. Los materiales deberán cumplir la norma SSPC-AB 1.
- 4.5 El sistema de aire comprimido empleado para efectuar el granallado y aplicar recubrimientos deberá contar con trampas efectivas en las líneas, para retener humedad y aceite. Previo al uso del sistema de aire, aguas abajo del sistema separador, deberá ser chequeada de acuerdo con los requerimientos de ASTM D 4285, para detectar la presencia de cualquier contaminante. Este ensayo se deberá efectuar al comienzo y término de cada sesión.
- 4.6 El granallado no se efectuará si las condiciones ambientales no lo permiten
  - 4.6.1 Temperatura superficial del elemento, bajo 3°C. sobre la temperatura de punto de rocío.
  - 4.6.2 Humedad relativa del aire mayor a 80%.
- 4.7 La superficie granallada debe limpiarse de polvo y materias sueltas. La superficie limpia granallada será comparada de acuerdo a SSPC-VIS 1 y la profundidad del perfil de anclaje patrón medido de acuerdo con un comparador de perfil Keane-Tator o similar.
- 4.8 Las piezas granalladas se manipularán con elementos limpios de aceite y grasas, se usarán guantes limpios para el manejo de piezas.

- 4.9 Las superficies granalladas no se podrán mantener sin recubrimiento más de tres horas desde iniciado el arenado. No deberá haber visible óxido en la superficie.

## 5.0 APLICACIÓN DE PINTURA

- 5.1 La pintura se aplicará sobre la superficie convenientemente preparada, limpia y seca, bajo condiciones ambientales favorables y de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- 5.2 No se aplicará la pintura cuando exista humedad superficial o polvo que pueda contaminar la superficie con pintura recién aplicada.
- 5.3 La primera capa de recubrimiento será aplicada por medio de spray. Si es posible, las otras capas se aplicarán de igual forma. El tiempo mínimo y máximo de secado entre la aplicación de una capa y la siguiente será de acuerdo a las últimas instrucciones publicadas del fabricante del producto a aplicar.
- 5.4 La pintura será aplicada al espesor seco (e.p.s.) especificado en la Tabla A, "Tratamiento Superficial y Pintura", incluida en esta especificación.  
El espesor seco terminado será medido con un medidor Elcometer 345 u otro equivalente aprobado por Vapor Industrial S. A, que cumpla con SSPC-PA-2.
- 5.5 Las pinturas serán mezcladas, diluídas, aplicadas y curadas de acuerdo a las últimas instrucciones publicadas por el fabricante. .
- 5.6 La superficie pintada deberá quedar libre de defectos superficiales, como corrimientos de pintura, sobre atomizado, porosidad, burbujas, cráteres rugosidad o secado inadecuado. Los defectos se deberán corregir en la medida que se detecten durante la aplicación.

## 6.0 TIPOS DE SISTEMAS

6.1 La preparación superficial y pintura se efectuará de acuerdo a las condiciones de servicio y protección requeridas por el elemento o equipo y serán como se indica a continuación y de acuerdo a Tabla A, "Tratamiento Superficial y Pintura".

### 6.2 Sistema de Pintura SPVI-1:

Este sistema es aplicable a superficies no aisladas de exterior con temperaturas de hasta 95°C .

Superficies de acero, estructuras, cañerías, estanques, etc

Tratamiento Superficial: Granallado comercial SSPC-SP10.  
Perfil de anclaje de 1,5 a 2,5 mils.

Primera capa: Epoxy Mastic, 5,0-7,0 mils e. p. s.

### 6.3 Sistema de Pintura SPVI-2:

Este sistema es aplicable a superficies no aisladas de exterior con temperaturas de hasta 150°C .

Superficies de acero, estructuras, cañerías, estanques, etc

Tratamiento Superficial: Granallado comercial SSPC-SP10.  
Perfil de anclaje de 1,5 a 2,5 mils.

Primera capa: Inorgánico de Zinc, 2,0-3,0 mils

Segunda Capa: Epoxy Mastic, 5,0-7,0 mils e. p. s.

### 6.4 Sistema de Pintura SPVI-3:

Este sistema es aplicable a superficies no aisladas de exterior con temperaturas desde 151 °C hasta 400°C .

Superficies de acero, cañerías, etc

Tratamiento Superficial: Granallado comercial SSPC-SP10.  
Perfil de anclaje de 1,5 a 2,5 mils.

Primera capa: Inorgánico de Zinc, 2,0-3,0 mils

6.5 Sistema de Pintura SPVI-4:

Este recubrimiento se aplicará a equipos y estructuras localizados en áreas corrosivas, donde pueda ocurrir salpicaduras de materiales corrosivos en interior o exterior.

Tratamiento Superficial:	Arenado comercial SSPC-SP-10. Perfil de anclaje de 1,5 a 2,5 mils.
Primera capa:	Inorgánico de zinc, 2,0 a 3,0 mils
Capa intermedia:	Epóxico HS, 4,0 a 6,0 mils
Capa terminación:	Poliuretano Alifático, 2,0 a 3,0 mils

6.6 Sistema de Pintura SPVI-5:

Este recubrimiento se aplicará a estructuras, cañerías, estanques, etc exteriormente localizados en áreas de alta humedad y ambiente corrosivo moderado con una temperatura superficial hasta 120 °C

Tratamiento Superficial:	Arenado comercial SSPC-SP-10. Perfil de anclaje de 1,5 a 2,5 mils.
Primera capa:	Inorgánico de zinc, 2,0 a 3,0 mils
Capa intermedia:	Epóxico HS, 4,0 a 6,0 mils

6.7 Sistema de Pintura SPVI-6:

Este recubrimiento se aplicará a estructuras, cañerías, estanques, etc exteriormente localizados en áreas de alta humedad y ambiente corrosivo moderado con una temperatura superficial desde 121 °C hasta 175 °C

Tratamiento Superficial:	Arenado comercial SSPC-SP-10. Perfil de anclaje de 1,5 a 2,5 mils.
Primera capa:	Inorgánico de zinc, 2,0 a 3,0 mils
Capa intermedia: y final	Silicona, dos capas de 1,0 a 1,5 mils cada una.

## 6.8 Sistema de Pintura SPVI-7:

Este recubrimiento se aplicará a superficies internas de estanques de almacenamiento de agua potable.

Tratamiento Superficial:      Arenado comercial SSPC-SP-10.  
Perfil de anclaje de 1,5 a 2,5 mils.

Primera capa, capa  
Intermedia y capa  
de terminación:              Recubrimientos de acuerdo con norma  
AWWA. D102-97, sección 4.3, sistema  
ICS-4-W.

## 7.0 RETOQUES DE PINTURA

- 7.1 Cuando el recubrimiento es dañado por motivos de transporte, montaje u otro, el área dañada será limpiada para remover todo el óxido, suciedad, aceite, grasa u otros contaminantes.
- 7.2 La superficie será limpiada según SSPC-SP-1. El metal base expuesto será limpiado por medio de arenado hasta conseguir los requerimientos ya indicados.
- 7.3 Se deberá preparar un área aproximada de 25 mm alrededor de la zona dañada.
- 7.4 Aplicación de todos los revestimientos de retoque se efectuará de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Reparaciones menores de una superficie menor a  $0.1 \text{ m}^2$ , podrán ser efectuadas por medio de brocha.

**N°4**

**Procedimiento para el tratamiento superficial y la aplicacion pintura exterior en  
estanque de 200 m3.**

VAPOR INDUSTRIAL S.A.

PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL  
Y LA APLICACION PINTURA EXTERIOR  
EN ESTANQUE DE 200 M3

INDICE

1. Objeto
2. Alcance
3. Responsabilidad
4. Definiciones
5. Descripción de la Actividad
6. Referencias
7. Anexos
8. Registros

2	F. Tobar		17/08/00	V. Segura		17/08/00
1	F. Tobar		08/08/00	V. Segura		08/08/00
0	F. Tobar		04/08/00	M. Caro		04/08/00
Revisión	Revisado por	Firma	Fecha	Aprobado por	Firma	Fecha

## PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE PINTURA

### 1.- Objeto

El objeto de este procedimiento es describir la ejecución del Tratamiento Superficial y la Aplicación de Pintura Exterior en estanque de 200 m<sup>3</sup>.

### 2.- Alcance

Este procedimiento es aplicable a las actividades de Tratamiento Superficial y Aplicación de Pintura que ejecuta el personal del departamento de Revestimiento de Vapor Industrial S. A. y descrita en la orden de trabajo (OT).

### 3.- Responsabilidad

Será responsabilidad del Jefe del Departamento de Revestimientos, velar por el cumplimiento del presente procedimiento e instrucciones de trabajos relacionadas a éste.

Será responsabilidad del Supervisor, ejecutar los trabajos necesarios para desarrollar las respectivas OT. Revisar los esquemas de tratamientos superficial y esquema de pintura, entregar las instrucciones al personal a su cargo, supervisar, controlar y velar por la seguridad industrial.

Será responsabilidad del Controlador, llevar los registros de los diferentes proceso establecido para la OT respectiva.

Será responsabilidad del Maestro Granallador, operar la planta de granallado y realizar el tratamiento superficial a las piezas, estructuras y/o estanque. Además deberá cumplir con lo estipulado en el punto 5.1.

Será responsabilidad del Maestro Pintor, disponer de los equipos de aplicación de pintura, preparar la pintura de acuerdo a la ficha técnica del proveedor y aplicarla de acuerdo a las técnicas del arte y oficio, además deberá cumplir con el punto 5.2.

### 4.- Definiciones

4.1 Corrosión: Es el proceso físico-químico que se produce en algunos materiales cuando pasan de un estado inestable a otro más estable.

- 4.2 Pintura: Mezcla de pigmentos, resina y diferentes tipos de aditivos.
- 4.3 Post life: Tiempo de vida útil de la mezcla.
- 4.4 Granalla: Material abrasivo de acero, utilizado para la limpieza superficial.
- 4.5 Espesor de pintura: Capa de recubrimiento, expresado en micras o mils.
- 4.6 Esquemas: Descripción del tipo, calidad y espesor de la pintura
- 4.7 Orden de trabajo: Documento emitido por Gerencia de Producción que define la validez de las especificaciones técnicas
  
- 5 Descripción de la Actividad
  - 5.1 Proceso de Granallado

La vida útil de una pintura depende directamente con el tratamiento superficial de la superficie a proteger. Este proceso debe eliminar de la superficie limpiada todo elemento visible de aceite, grasa, polvo, óxidos productos de la corrosión y todo material extraño.
  - 5.1.1 El proceso de granallado lo ejecutará el maestro granallador.
  - 5.1.2. En todo el proceso de granallado, se utiliza solamente granalla de acero como elemento abrasivo, los cuales deberán estar limpios, secos y libres de grasas u otro elemento contaminante.
  - 5.1.3 Revisar que el equipo de granallado este en óptimas condiciones chequear que los compresores estén en buen estado
  - 5.1.4 Despichar filtro y pulmón de alimentación de aire
  - 5.1.5. Las líneas de suministro de aire comprimido, deberán estar equipadas con trampas para la eliminación de humedad y aceite.
  - 5.1.6 Previo a la utilización del aire comprimido, se deberá comprobar la calidad del aire ( presencia de aceite y humedad) a utilizar en la salida del separador de acuerdo a los requisitos de la norma ASTM D4285-83.
  - 5.1.7 Se usará preferentemente boquilla N° 6 o N° 5, a una presión de aire de 90 lb/pulg<sup>2</sup>.

- 5.1.8 Alimentar los equipos con granalla.
- 5.1.9 Simultáneamente cargar la planta de granallado con estructuras.
- 5.1.10 Comenzar a granallar según instrucciones del Capataz
- 5.1.11 Terminado el proceso de granallado, limpiar las estructuras y/o estanque, mediante el uso de aire comprimido.
- 5.1.12 Comparar el tratamiento superficial (limpieza) aplicado en la estructura, con el respectivo patrón de calidad, de acuerdo a una inspección visual usando estándares según el SSPC-VIS 1—89 o similar
- 5.1.13 También se testeará el perfil de rugosidad promedio usando un comparador tipo Keane-Tator o similar, según norma ASTM D 4417-93
- 5.1.14. Luego se superadas estas etapas se traslada todas estas estructura a la siguiente etapa de Aplicación de Pintura.

## 5.2 Proceso de Pintura

- 5.2.1 Como primera regla de oro se tendrá que determinar si están las condiciones ambientales mínimas para comenzar el proceso de aplicación de pintura:  
Se deberá comenzar el proceso de pintura cuando la temperatura de la superficie esté 3° C sobre la temperatura del punto de rocío.
- 5.2.2 El proceso de Pintura lo realizará el maestro pintor.
- 5.2.3 El maestro deberá consultar al Capataz, si están las condiciones ambientales para iniciar el proceso de pintura.
- 5.2.4 Consultar la ficha técnica del producto que se va a ocupar.
- 5.2.5 Asegurar que el envase con el producto tenga una identificación clara de su contenido, proporción de mezcla y diluyente a usar.
- 5.2.6 Agitar el componente A y luego el componente B del recubrimiento.
- 5.2.7 Revisar el “ post life “ del producto.

- 5.2.8 Realizar la mezcla de los componentes en función de la proporción de mezcla.
- 5.2.9 Adicionar el diluyente correspondiente a la mezcla.
- 5.2.10 Agitar para homogenizar la mezcla con el agitador hidráulico.
- 5.2.11 Comenzar a aplicar el producto controlando la aplicación, midiendo el espesor de película húmeda de acuerdo a la norma ASTM D 4414-95.
- 5.2.12 Dejar secar el producto, según lo recomendado en la ficha técnica del proveedor.
- 5.2.13. Luego el Controlador medirá los espesores de película seca, según norma SSPC-PA 2, usando el equipo Elcometer 345, y los anotará en el registro de medición de pintura, luego continuar con el esquema de pintura especificado.
- 5.2.14 Al término de cada jornada limpiar cada uno de los elementos de trabajo y guardarlos.

## 6. Referencias.

- 6.1 Steel Structures Painting Council, John D. Keane, Third Edition Volume 1, 1994.
- 6.2 Steel Structures Painting Council, John D. Keane, Third Edition Volume 2, 1994.
- 6.3 Corrosión en Procesos Industriales. Carmen Silva G., 1999.
- 6.4 El Proceso de Granallado. Thales M. Watanabe.
- 6.5 Controles de Operación de Granallado. Thales M. Watanabe.
- 6.6 Guía Técnica de Producción Limpia Rubro Pinturas, María Elena Torres, 1998.

### Catálogos de Pintura de Proveedores:

- 6.7 International Protective Coatings. 1997.

- 6.8 Sherwin Williams Chile S. A.  
División Industrial, 1997.
- 6.9 Ameron International.  
Protective Coatings Group, 1996.
- 6.10 Hempel's.  
1996.

A continuación se enuncian las normas internacionales, ASTM que se aplican en este procedimiento y forman parte de la bibliografía técnica de nuestra empresa:

American Society for Testing and Materials.

- 6.11 ASTM D 4285-83, Standard Test Methods for Indicating Oil Water in Compressed Air.
- 6.12 ASTM D 4417-93, Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile Of Blast Cleaned Steel.
- 6.13 ASTM D 4414-95, Standard Practice for Measurement of Wet Film Thickness by Notch Gages.
- 6.14 ASTM D 1186-93, Standard Test Methods for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonmagnetic Coatings Applied to a Ferrous Base.

## 7. Anexos

Anexo N° 1 : Registro de granallado

Anexo N° 2 : Registro de medición de pintura

## 8. Registros

Identificación	Recolección	Indexación	Acceso	Llenado	Almacenamiento	Mantenición	Disposición
Registro de Granallado	OT OS	N° OT N° OS	Rev.	Rev.	Rev.	1 año	Eliminar
Registro de Medición de Pintura	OT OS	N° OT N° OS	Rev.	Rev.	Rev.	1 año	Eliminar

Anexo N° 1 Registro de Granallado

Cliente :  
O. T. :  
Fecha :  
Lote :

Tratamiento Superficial Requerido	Comparación Visual	Perfil de Rugosidad Micras
-----------------------------------	--------------------	----------------------------

	Aprobado _____ Rechazado _____	
	Aprobado _____ Rechazado _____	

Observaciones

Anexo Nº 2 Registro de Medición de Pintura

Cliente :

OT :

Fecha :

Condición Ambiental

Fecha de Medición:

Temp. Ambiente ° C	Humedad Relativa %	Temp. De Rocío ° C	Temp Superficial ° C	Condición de Pintado
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------------	----------------------

--	--	--	--	--

Sistema de Pintura

Esquema de Pintura	Productos	Espesor Esquema Mils	Espesor Aplicado mils
--------------------	-----------	-------------------------	--------------------------

Anticorrosivo Fecha:			
Capa Intermedio Fecha:			
Terminación Fecha:			
Total Espesor			

Controlador :

Observaciones

**N°5**

**Esquemas de tratamiento superficial y pintura.**

**TABLA A**

**Tratamiento superficial y Pintura**

Sistema de Pintura requerido	Elementos a proteger	Limite de temperatura superficial	Tipo Genérico	Espesor de película seca				Tratamiento Superficial		Tipo de Pintura
				Primer mils	Intermedio mils	Final mils	Espesor total mils	SSPC	Perfil de Rugosidad	
SPVI-1	Acero estructural, exterior de cañerías, estanques	hasta 95 °C	Epoxy Mastic	5.0 a 7.0	N/A	N/A	5.0 a 7.0	SP - 10	1,5 - 2,5	TP - 40
SPVI-2	Acero estructural, exterior de cañerías, estanques	hasta 150 °C	Inorgánico de Zinc	2,0 -3,0	N/A	N/A	7,0-10,0	SP - 10	1,5 - 2,5	TP - 10
			Epoxy Mastic	N/A	5.0 a 7.0	N/A	TP - 40			
SPVI-3	Acero estructural, exterior de cañerías, etc	Desde 151 °C hasta 400 °C	Inorgánico de Zinc	2,0 -3,0	N/A	N/A	2,0 -3,0	SP - 10	1,5 - 2,5	TP - 10
SPVI-4	Acero estructural exterior, cañerías, estanques, etc Localizados donde pueda ocurrir salpicaduras de agentes corrosivos		Inorgánico de Zinc	2,0 -3,0	N/A	N/A	8,0-12,0	SP - 10	1,5 - 2,5	TP - 10
			Epóxico HS	N/A	4,0-6,0	N/A	TP - 30			
			Poliuretano Alifático	N/A	N/A	2,0-3,0	TP - 50			

**TABLA B**

**Tratamiento superficial y Pintura**

Sistema de Pintura requerido	Elementos a proteger	Limite de temperatura superficial	Tipo Genérico	Espesor de película seca				Tratamiento Superficial		Tipo de Pintura
				Primer mils	Intermedio mils	Final mils	Espesor total mils	SSPC	Perfil de Rugosidad	
SPVI-5	Acero estructural exterior, cañerías, estanques, etc Localizados en áreas de alta humedad y ambiente corrosivo moderado	Hasta 120 °C	Inorgánico de Zinc	2,0 -3,0	N/A	N/A	6,0-9,0	SP - 10	1,5 - 2,5	TP - 10
			Epóxico HS	N/A	4,0-6,0	N/A	TP - 30			
SPVI-6	Acero estructural exterior, cañerías, estanques, etc Localizados en áreas de alta humedad y ambiente corrosivo moderado	Desde 121 °C hasta 175 °C	Inorgánico de Zinc	2,0 -3,0	N/A	N/A	4,0-6,0	SP - 10	1,5 - 2,5	TP - 10
			Silicona	N/A	2x (1,0-1,5)	N/A	TP - 60			
SPVI-7	Acero estructural interior de estanques de almacenamiento de agua potable		Epóxico HS	5,0	N/A	N/A	10,0	SP - 10	1,5 - 2,5	TP - 30
			Epóxico HS	N/A	5,0	N/A	TP - 30			

**N°6**

**Matrices de resultado.**

## MATRIZ DE RESULTADOS

### Tratamiento Superficial SP-5

#### Granalla Angular

Grado del Acero	Esquema de Pintura			
	A	B	C	D
Gr - A	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - B	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - C	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - D	G-40	G-50	G-50	G-50

#### Granalla Esférica

Grado del Acero	Esquema de Pintura			
	A	B	C	D
Gr - A	S-170	S-170	S-170	S-170
Gr - B	S-230	S-170	S-170	S-170
Gr - C	S-170	S-170	S-170	S-170
Gr - D	S-230	S-170	S-170	S-170

## MATRIZ DE RESULTADOS

### Tratamiento Superficial SP-6

#### Granalla Angular

Grado del Acero	Esquema de Pintura			
	A	B	C	D
Gr - A	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - B	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - C	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - D	G-50	G-50	G-50	G-50

#### Granalla Esférica

Grado del Acero	Esquema de Pintura			
	A	B	C	D
Gr - A	S-230	S-170	S-170	S-170
Gr - B	S-170	S-170	S-170	S-170
Gr - C	S-230	S-170	S-170	S-170
Gr - D	S-230	S-170	S-170	S-170

## MATRIZ DE RESULTADOS

### Tratamiento Superficial SP-7

#### Granalla Angular

Grado del Acero	Esquema de Pintura			
	A	B	C	D
Gr - A	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - B	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - C	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - D	G-50	G-50	G-50	G-50

#### Granalla Esférica

Grado del Acero	Esquema de Pintura			
	A	B	C	D
Gr - A	S-230	S-170	S-170	S-170
Gr - B	S-170	S-170	S-170	S-170
Gr - C	S-230	S-170	S-230	S-170
Gr - D	S-230	S-170	S-170	S-170

## MATRIZ DE RESULTADOS

### Tratamiento Superficial SP-10

#### Granalla Angular

Grado del Acero	Esquema de Pintura			
	A	B	C	D
Gr - A	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - B	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - C	G-50	G-50	G-50	G-50
Gr - D	G-50	G-50	G-50	G-50

#### Granalla Esférica

Grado del Acero	Esquema de Pintura			
	A	B	C	D
Gr - A	S-170	S-230	S-230	S-230
Gr - B	S-170	S-170	S-230	S-170
Gr - C	S-170	S-170	S-230	S-170
Gr - D	S-230	S-170	S-230	S-170

# **ANEXO 4.**

## **LIQUIDACIONES DE SUELDOS**