

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNOLOGOS**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA CABINA PARA LIMPIEZA  
SUPERFICIAL DE PROBETAS DE SOLDADURA MEDIANTE  
CHORRO DE ARENA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**LOZADA CERNA JAIME ARMANDO**

**jimylozada@hotmail.com**

**PRECIADO GOMEZ DARWIN LEONARDO**

**darleo-pg-mtto@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. HOMERO BARRAGÁN**

**hbarragan@hotmail.es**

**Quito, MARZO 2008**

## DECLARACIÓN

Nosotros Srs. Lozada Cerna Jaime Armando y Preciado Gómez Darwin Leonardo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por normatividad institucional vigente.

---

***Jaime Lozada***

---

***Darwin Preciado***

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los Srs. Jaime Lozada y Darwin Preciado, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Homero Barragán**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios que es quién ha guiado mi camino para ser de mí un hombre útil y servir a la sociedad. A mi familia, Gloria Gómez mi Madre, quien en vida fue José Preciado mi Padre y mis hermanos Yimmy y Richard Preciado, que me han apoyado en los momentos y circunstancias más difíciles de la vida para de esta manera lograr que se cumplan las metas propuestas en mi vida.

A mi director del proyecto de titulación, el Ing. Homero Barragán que nos ha ayudado incondicionalmente en la realización del presente proyecto, a mis profesores, a mi prestigiosa universidad por brindarme los conocimientos y abrirme las puertas de la sabiduría para así lograr ser un buen profesional.

**Darwin L. Preciado G.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Creador que es y será el ser que todos los días me permite seguir existiendo para ser útil y servir a la sociedad. A mi familia Luz Elena Serna mi Madre, Luis Lozada mi Padre y mis hermanos, hermanas, sobrinas y sobrino que han extendido su mano desinteresadamente cuando más les he necesitado para lograr que se cumplan las metas propuestas en mi vida.

A mi director del proyecto Ing. Homero Barragán que no ha dudado en brindar su colaboración y también compartir sus conocimientos.

A mis amigos que de una u otra forma colaboraron para lograr este proyecto.

Un agradecimiento especial a la vida por darme todos los días la oportunidad de aprender y seguir aprendiendo.

**Jaime Armando Lozada Cerna**

## INDICE

Introducción.....	1
Objetivo general.....	1
Objetivo específico.....	2
Justificación.....	2
Alcance.....	2
Resumen.....	2

## CAPITULO I LA CORROSIÓN

1.1 Fundamento teórico.....	4
1.2 Naturaleza electroquímica de la corrosión.....	5
1.2.1 Circuito eléctrico de la corrosión.....	5
1.2.1.1 Ánodo.....	5
1.2.1.2 Cátodo.....	5
1.2.1.3 Electrolito.....	6
1.2.2 PH.....	6
1.2.3 Gases disueltos.....	6
1.3 Tipos de corrosión.....	6
1.3.1 General o Uniforme .....	6
1.3.1.2 Atmosférica.....	7
1.3.1.2.1.1 Ambientes industriales.....	7
1.3.1.2.1.2 Ambientes marinos.....	7
1.3.1.2.1.3 Ambientes rurales.....	7
1.3.1.2.1.3.1 Temperatura.....	7
1.3.1.2.1.3.2 Presión.....	8
1.3.2 Corrosión galvánica.....	8
1.3.3 Corrosión electroquímica.....	9
1.3.4 Corrosión en altas temperaturas.....	9
1.3.5 Corrosión localizada “crevice corrosion”.....	9
1.3.6 Corrosión puntual “Pitting”.....	10
1.3.6.1 Corrosión por fricción.....	10
1.3.6.2 Corrosión por cavitación.....	10
1.3.6.3 Corrosión microbiana (MIC).....	11
1.3.7 Corrosión Intergranular.....	11
1.3.8 Corrosión Bajo Tensión.....	12

## CAPITULO 2 PROYECCIÓN DE ARENA POR AIRE A PRESIÓN, ARENADO O “SAND-BLASTING”.

2.1 Reseña histórica.....	13
2.2 Definición.....	13
2.3 Equipos de Sand Blasting.....	14
2.3.1.1 Equipo de Sand Blasting por presión.....	14
2.3.1.2 Equipo de Sand Blasting por succión.....	15

2.3.2	Consideraciones de mantenimiento de los equipos de Sand Blasting.....	16
2.4	Grados de corrosión utilizados en normas internacionales.....	17
2.5	Normas usadas para limpieza superficial.....	18
2.5.1	Norma europea SIS 05 5900.....	18
2.5.1.1.1	Grado St 2.....	19
2.5.1.1.2	Grado St 3.....	19
2.5.1.2.1	Grados de preparación de superficies para Sand Blasting.....	20
2.5.1.2.1.1	Grado Sa 1 arenado-granallado ligero.....	20
2.5.1.2.1.2	Grado Sa 2 arenado-granallado minucioso.....	20
2.5.1.2.1.3	Grado Sa 2 1/2 arenado-granallado muy minucioso.....	20
2.5.1.2.1.4	Grado Sa 3 arenado-granallado a metal blanco.....	20
2.5.2	Norma americana SSPC VIS 1- 89.....	20
2.5.2.1	SSPC SP7 arenado – granallado rápido.....	21
2.5.2.2	Grado SSPC SP6 arenado – granallado comercial.....	21
2.5.2.3	Grado SSPC SP10 arenado – granallado cercano a metal blanco.....	21
2.5.2.4	Grado SSPC SP5 arenado a metal blanco.....	21
2.6	Tipos de limpieza para metales, procedimientos y patrones de limpieza.....	23
2.6.1	Limpieza al metal blanco con chorro abrasivo.....	23
2.6.2	Limpieza al metal casi blanco con chorro abrasivo.....	23
2.6.3	Limpieza comercial con chorro abrasivo.....	23
2.6.4	Métodos aplicados previamente a la aplicación del sand blasting.....	24
2.6.4.1	Limpieza mecánica.....	24
2.6.4.2	Limpieza con llama.....	24
2.6.4.3	Limpieza con solvente.....	25
2.6.4.4	Limpieza manual.....	25
2.7	Otros materiales utilizados con chorro abrasivo.....	26
2.8	Herramientas para sand blasting.....	26
2.9	Consideraciones para operación del sistema sand blasting.....	27
2.10	Estudio comparativo de costos y rendimientos entre granalla de acero y arena.....	29
2.10.1	Características de la arena y de la granalla de acero.....	29
2.10.1.1	Arena.....	30
2.10.1.2	Granalla de acero.....	30
2.10.2	Tamaños de la granalla y relaciones entre esférica y angular.....	32
2.10.3	Formas de Granalla.....	33
2.11	Costos de operación con granalla y arena.....	34
2.11.1	Equipos de proyección de abrasivo y complementarios.....	35
2.11.2	Conclusión.....	35
2.12	Tipos de granalla de acero.....	36
2.13	Aplicaciones del proceso sand blasting y granallado.....	36

### **CAPITULO 3**

## **CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DE LA CABINA SAND-BLASTING**

3.1	Objetivo.....	39
3.2	Longevidad (Vida útil).....	39
3.3	Equipos y accesorios.....	40
3.3.1	Agujeros para operación y visor.....	41
3.3.2	Iluminación.....	41

3.3.3 Soporte o reja.....	41
3.3.4 Puerta.....	41
3.3.5 Tolva.....	42
3.3.6 Transporte de aire y abrasivo.....	43
3.3.7 Pistola de aplicación.....	43
3.3.8 El eyector.....	45
3.3.9 Efecto venturi.....	45
3.3.10 Sistema de seguridad.....	46
3.4 Procesos constructivos.....	47
3.4.1 Corte.....	47
3.4.2 Soldadura.....	48
3.4.3 Tipos de soldadura.....	49
3.4.4 Electrodo.....	49
3.4.5 Características de los electrodos utilizados en la construcción del sistema sand-blasting.....	50
3.4.5.1 Norma AWS: E 6011.....	50
3.4.5.2 Norma AWS: E6013.....	50
3.5 Pintura de protección.....	51

## **CAPITULO 4**

### **DIMENSIONAMIENTO Y COSTOS DE LA CABINA SAND BLASTING**

4.1 Objetivo.....	52
4.2 Volumen de la tolva.....	52
4.2.1 Volumen del cilindro.....	52
4.2.2 Volumen Del Cono.....	53
4.3 Volumen de la cabina.....	53
4.4 Diseño del control de seguridad.....	54
4.5 Dimensiones de la cabina.....	55
4.6 Costos de la construcción de la cabina sand blasting.....	56
4.7 Ensayo de granulometría de arena.....	56

## **CAPITULO 5**

### **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CABINA DE SAND BLASTING**

5.1 Objetivo.....	59
5.2 Operación de la cabina Sand Blasting.....	59
5.2.1 Condiciones del abrasivo (Arena).....	60
5.2.2 Colocar la probeta en la cabina.....	60
5.2.3 Revisión de cañerías y presión de suministro de aire comprimido.....	61
5.2.4 Selección de calidad de limpieza.....	62
5.2.5 Aplicación del Sand Blasting en la limpieza superficial de un tubo.....	62
5.2.5.1 Preparación de superficie.....	62
5.2.5.2 Limpieza inicial del tubo.....	62
5.2.5.3 Condiciones de la arena o granalla.....	63
5.2.5.4 Condiciones del aire comprimido.....	63

5.2.5.5 Grado de acabado de la superficie.....	63
5.2.5.6 Limpieza final del tubo.....	63
5.3 Mantenimiento del equipo sand blasting.....	64
5.3.1 Desgaste de paredes de la cabina sand blasting por impacto del abrasivo.....	64
5.3.2 Cauchos de la puerta de la cabina sand blasting.....	64
5.3.3 Sistema eléctrico.....	65
5.3.4 Limpieza de la cabina.....	65
5.3.5 Cambio de visor al interior de la cabina.....	65
5.3.6 Estructura. ....	65
5.4 Formato general para inspección H&S de equipos Sand Blasting.....	65

## **CAPITULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	68
GLOSARIO DE TÉRMINOS EMPLEADOS.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	72

### **ANEXOS**

ANEXO 1.....	73
ANEXO.....	78
ANEXO 3.....	79
ANEXO 4.....	80
ANEXO 5.....	81
ANEXO 6.....	110
ANEXO 7.....	115

## **INTRODUCCIÓN**

Tomando en cuenta que actualmente la Escuela Politécnica Nacional no cuenta con este equipo, el presente estudio contribuirá a mejorar la calidad de trabajos realizados, incentivando el desarrollo en este campo y por ende la utilización de nuevos materiales para limpieza superficial.

La construcción de una Cabina Sand Blasting, está dirigido para laboratorios o talleres donde se realicen estudios de tratamientos superficiales o ensayos a cordones de soldadura y así evitar el uso de implementos manuales ya que la limpieza de materiales está bajo estándares de calidad exigidos por normas internacionales como NACE, SSPC, además esto implica ahorro de tiempo, evitar esfuerzos innecesarios al operador y realizar trabajos acorde con la tecnología que actualmente se dispone.

Cabe mencionar que la cabina de Sand Blasting está diseñada para realizar trabajos de limpieza superficial a pequeñas probetas con volúmenes que no excedan las 150 libras de peso, además posee una tolva para almacenamiento de abrasivo con una capacidad de 24 litros, la cual provee de abrasivo a la cabina durante un tiempo promedio de 15 minutos, siempre y cuando el flujo de aire sea constante y esté dentro del rango de presión de trabajo que es de  $7\text{Kg/cm}^2$  (100PSI) a  $9.2\text{ Kg/cm}^2$  (130PSI). Este sistema trabaja con un compresor de 4 Hp de tal manera que se mantenga el suministro de aire y presión constante. En el caso que el compresor sea menor a esta potencia se debe hacer pausas en el proceso.

### **OBJETIVOS:**

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Contribuir con la Escuela Politécnica Nacional y el laboratorio de soldadura, mediante la implementación de una instalación de limpieza superficial (SAND-BLASTING), y de esta forma los trabajos que se realicen estén acorde a normas y estándares de calidad y también se emprendan proyectos de investigación tecnológica.

**OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

Mostrar la importancia que tiene el proceso SAND-BLASTING en la limpieza de materiales.

Mejorar la limpieza del material a nivel superficial y de esta forma facilitar la aplicación de los diferentes tratamientos superficiales.

**JUSTIFICACION:**

Es importante que nuevos métodos de limpieza superficial se sigan conociendo día a día en cuanto a sus avances y cambios, las diferentes aplicaciones que se la puede dar en el campo tecnológico y así sirva de base para futuras investigaciones en este campo.

Con la ayuda de varios elementos, instrumentos y dispositivos conocidos en la práctica, se procederá a demostrar que se puede cumplir con los objetivos planteados en el proyecto.

**ALCANCE:**

Este trabajo, la construcción de una Cabina Sand Blasting, está dirigido para laboratorios o talleres donde se estudie la calidad de limpieza superficial en materiales para tratamientos superficiales y así evitar el uso de implementos manuales ya que la limpieza del metal estará bajos estándares de calidad exigidos por normas internacionales, además esto implica ahorro de tiempo, evitar esfuerzos innecesarios al operador y realizar trabajos acorde con la tecnología que nos ofrece el mundo actual.

**RESUMEN**

El presente proyecto tiene la finalidad de construir una cabina como parte fundamental de un equipo de Sand Blasting, donde la arena es empleada como principal abrasivo, es proyectada hacia la pieza por efecto venturi mediante una pistola de aplicación, las piezas a someter a este proceso pueden ser procedentes de fundición, forja, estampación, soldadura, extrusión o tratamientos

térmicos, por tanto, el objetivo principal del arenado es la limpieza o preparación de superficies ya que la arena es un abrasivo de bajo costo.

Primeramente se realizará una descripción general de los diferentes problemas generados por la corrosión con sus diferentes tipos, se analizará los diferentes métodos de limpieza superficial, los mismos que son calificados mediante normas establecidas a nivel internacional. Parte fundamental del presente proyecto de titulación es la construcción de una cabina Sand Blasting que facilita la operación de limpieza de probetas de laboratorio.

Posteriormente se realizarán pruebas para analizar los diferentes grados de limpieza alcanzados con el método de limpieza superficial, como también las últimas tendencias seguidas por los fabricantes del sector, y así poder establecer sus especificaciones generales.

Tras identificar los diferentes subsistemas que integraran la cabina, se evaluarán las alternativas de construcción más conveniente, aportando las justificaciones necesarias, en cada caso.

A continuación, se detallará el proceso de diseño de manera descriptiva haciendo referencia a los cálculos de dimensionamiento y planos del conjunto elaborados en Autocad que permiten la fabricación de los principales componentes.

Asimismo, se elaborará un plan de uso para asegurar el correcto funcionamiento de la cabina de limpieza superficial, al igual que se mencionarán aspectos ambientales y de seguridad industrial.

Se hará una mención especial a la normativa internacional vigente específica para operaciones de granallado.

Se finaliza con el presupuesto de la máquina, el cual demuestra su carácter competitivo, que intenta reducir al máximo sus costes de fabricación.

# CAPITULO I

## LA CORROSIÓN

### 1.1 Fundamento teórico.

Se define como el deterioro que sufre un material debido a una reacción entre ellos y el medio ambiente en cual se encuentran. La mayoría de los metales se encuentran en estado natural formando parte de minerales, ya sea como óxido o metales puros.

El fenómeno de corrosión puede ser definido también como el deterioro de los materiales, a causa de alguna reacción con el medio ambiente en que son usados. En la corrosión no siempre involucra un cambio de peso o deterioro visible en su geometría, ya que muchas formas de corrosión se manifiestan por un cambio de las propiedades de los materiales, disminuyendo su resistencia.

El caso de las aleaciones metálicas y particularmente el del acero es el más ampliamente difundido, en estos casos la corrosión se debe detallar con más precisión basándose en la estructura atómica de la materia.

En este caso el átomo esta formado por un equilibrio de cargas positivas llamadas protones y de cargas negativas llamadas electrones, los materiales tienden a perder electrones o en otras palabras cierta energía, formando un ión positivo, lo cual implica una pérdida de masa.

Esto sucede cuando normalmente cuando un metal está en contacto con un electrolito (medio conductor de corriente), dando lugar a reacciones electroquímicas de oxidación y reducción. Decimos entonces, que ha comenzado un proceso de corrosión en medio húmedo con una circulación simultánea de corriente eléctrica, normalmente denominada pila galvánica.

Por cuanto es un proceso de destrucción o deterioro electroquímico de un metal por acción y reacción de éste con el medio que lo rodea (reacciones de oxidación y reducción simultánea).

## **1.2 Naturaleza electroquímica de la corrosión.**

Los problemas de corrosión que ocurren en la industria son debidos a la presencia de agua, estando esta presente en grandes o pequeñas cantidades, siempre será necesaria para el proceso de corrosión, entonces la corrosión en presencia de agua es un proceso electroquímico, lo cual quiere decir que hay flujo de corriente eléctrica en el proceso de corrosión y para que esto fluya tiene que existir una fuerza impulsora, la cual actúa como una fuente potencial y con esto se completa el circuito eléctrico.

La magnitud de esta fuerza impulsora generada por el metal cuando está en contacto con una solución acuosa se llama potencial del metal. Este valor se relaciona con la energía que se libera cuando el metal se corroe.

### **1.2.1 Circuito eléctrico de la corrosión.**

En conjunto con la fuente de voltaje debe existir un circuito completo; este consiste en tres partes:

#### **1.2.1.1 Ánodo.**

Es aquella porción de la superficie del metal que se está corroyendo. Es el lugar donde el metal se disuelve y pasa a la solución; al momento de ocurrir esto es porque los átomos metálicos pierden electrones y pasan a la solución como iones. Los átomos contienen la misma cantidad de protones y electrones y al ocurrir una pérdida de electrones ocurre un exceso de carga positiva lo que resulta un ión positivo.

#### **1.2.1.2 Cátodo.**

Es la superficie metálica que no se disuelve, es el sitio de otra reacción química necesaria para que ocurra el proceso de corrosión. Los electrones que se liberan del metal en el ánodo y viajan hasta la zona catódica en donde se consumen por la reacción de un agente oxidante presente en el agua. El consumo de electrones se llama reacción de reducción.

### **1.2.1.3 Electrolito.**

Para que se complete el circuito eléctrico la superficie metálica, tanto el cátodo como el ánodo, deben estar cubiertas por una solución conductora de electricidad, es decir de electrolito. El electrolito conduce la corriente del ánodo al cátodo, completando el circuito.

La combinación de estos tres componentes es conocido como celdas de corrosión.

### **1.2.2 PH.**

La velocidad de corrosión del acero aumenta a medida que disminuye el ph, entonces cuando el nivel de ph es muy bajo suele ser muy corrosivo. La velocidad de corrosión está influenciada por el nivel de ph del electrolito.

Al aumentar la concentración del ión hidrógeno es más ácida la solución y es menor el valor de ph. La magnitud de ph nos indica la intensidad de acidez o alcalinidad del medio. Esta magnitud se indica por medio de una escala en la cual el numero siete indica que la solución con ph es neutra; los números menores de siete indican que es ácida y los mayores alcalinidad.

### **1.2.3 Gases disueltos.**

El oxígeno, dióxido de carbono y el ácido sulfhídrico disuelto en agua aumenta la corrosión, por lo tanto, los gases son la principal causa de los problemas de corrosión.

Debido a la influencia de muchos factores y ambientes en los que se encuentren los materiales, se generan varios tipos de corrosión que a continuación se detalla.

## **1.3 Tipos de corrosión.**

Los tipos de corrosión se pueden clasificar de la siguiente manera:

### **1.3.1 General o Uniforme**

Es aquella corrosión que se produce con el adelgazamiento uniforme producto de la pérdida regular del metal superficial. A su vez, esta clase de corrosión se subdivide en otras:

### **1.3.1.2 Atmosférica**

La corrosión Atmosférica es la que produce mayor cantidad de daños en el material y en mayor proporción. Grandes cantidades de metal de automóviles, puentes o edificios están expuestas a la atmósfera y por lo mismo se ven afectados por oxígeno y agua. La severidad de esta clase de corrosión se incrementa cuando está presente la sal, los compuestos de sulfuro y otros contaminantes atmosféricos.

Para hablar de esta clase de corrosión es mejor dividirla según ambientes. Los ambientes atmosféricos son los siguientes:

#### **1.3.1.2.1.1 Ambientes industriales**

Son los que contienen compuestos sulfurosos, nitrosos y otros agentes ácidos que pueden promover la corrosión de los metales. En adición, los ambientes industriales contienen una gran cantidad de partículas aerotransportadas, lo que produce un aumento en la corrosión.

#### **1.3.1.2.1.2 Ambientes marinos**

Esta clase de ambientes se caracterizan por la presencia de cloruro de sodio (sal) que favorece la corrosión de muchos sistemas metálicos.

#### **1.3.1.2.1.3 Ambientes rurales**

En estos ambientes se produce la menor clase de corrosión atmosférica, se caracterizada por bajos niveles de compuestos ácidos y otras especies agresivas. Existen factores que influyen la corrosión atmosférica. Estos son la presión, temperatura, la presencia de contaminantes en el ambiente y la humedad.

##### **1.3.1.2.1.3.1 Temperatura.**

La velocidad de corrosión aumenta con la temperatura. Al igual que las reacciones químicas.

### 1.3.1.2.1.3.2 Presión.

La presión afecta la velocidad de las reacciones químicas en la que participan gases. Un claro ejemplo de esto, es la velocidad con que se oxidan los metales en lugares a nivel del mar en donde la presión es de 14.7 PSI. En cambio en la región sierra en donde tenemos una presión promedio de 10 PSI se oxidan con una menor velocidad.

### 1.3.2 Corrosión galvánica.

La corrosión Galvánica es una de las más comunes que se pueden encontrar. Es una forma de corrosión acelerada debido a que dos materiales de diferente potencial se unen eléctricamente en presencia de un electrolito (por ejemplo, una solución conductiva. (Figura 1.1)

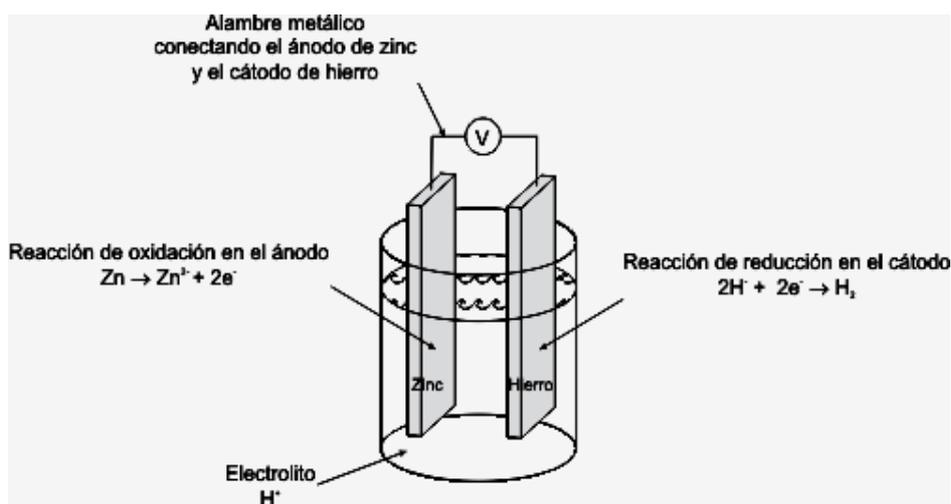


Figura 1.1 Diagrama básico de una corrosión galvánica.

El ataque galvánico puede ser uniforme o localizado, en la unión entre aleaciones, dependiendo de las condiciones.

Esta forma de corrosión es la que producen las Celdas Galvánicas. Sucede que cuando la reacción de oxidación del ánodo se va produciendo, se van desprendiendo electrones de la superficie del metal que actúa como el polo negativo de la pila (el ánodo) y así se va produciendo el desprendimiento paulatino de material desde la superficie del metal. Este caso ilustra la corrosión en una de sus formas más simples.

### **1.3.3 Corrosión electroquímica.**

Al sumergir un metal en un electrolito ocurren dos tipos básicos de corrosión electroquímica, el primero de ellos en forma natural debido a la polarización de los metales, ejemplo entre el hierro y el cobre se corroe el hierro debido a que es el cobre es más catódico (tiene mayor potencial) que el hierro, el segundo por un medio artificial que se conoce frecuentemente como electrólisis.

Electrólisis o llamada también corriente de corrosión dispersa, es el resultado de una descarga de corriente eléctrica directa, en el suelo o en el agua por conductores eléctricos o por instalaciones de protección catódica. Cuando estas corrientes son recolectadas desde el electrolito por una área de la estructura metálica, que no es una parte del conductor eléctrico o del sistema eléctrico de protección catódica, y se descarga sobre otra porción de la estructura, ocurre corrosión electroquímica en el área de la descarga y un grado de protección catódica resulta en el área recolectora de la estructura.

Esta corrosión, de un metal en el suelo o en agua, de naturaleza electroquímica, es el tipo más común y una de las formas de combatirla es la protección catódica.

### **1.3.4 Corrosión en altas temperaturas**

Algunos metales expuestos a gases oxidantes en condiciones de altas temperaturas, pueden reaccionar directamente con ellos sin la necesaria presencia de un electrolito. Este tipo de corrosión es conocida como Empañamiento, Escamamiento o Corrosión por Altas Temperaturas.

Generalmente esta clase de corrosión depende directamente de la temperatura.

Actúa de la siguiente manera: al estar expuesto el metal al gas oxidante, se forma una pequeña capa sobre el metal, producto de la combinación entre el metal y el gas en esas condiciones de temperatura. Esta capa o “empañamiento” actúa como un electrolito “sólido”, el que permite que se produzca la corrosión de la pieza metálica mediante el movimiento iónico en la superficie.

### **1.3.5 Corrosión localizada “crevice corrosion”**

La corrosión localizada es aquella que se produce en pequeñas cavidades o huecos formados por el contacto entre una pieza de metal igual o diferente a la primera, o más comúnmente con un elemento no-metálico. En las fisuras de

ambos metales, que también pueden ser espacios en la forma del objeto, se deposita la solución que facilita la corrosión de la pieza. Se dice, en estos casos, que es una corrosión con ánodo estancado, ya que esa solución, a menos que sea removida, nunca podrá salir de la fisura. Además, esta cavidad se puede generar de forma natural producto de la interacción iónica entre las partes que constituyen la pieza. (Figura 1.2)

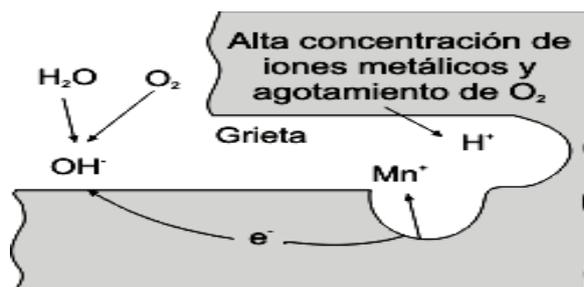


Figura 1.2 Diagrama básico de una Corrosión por Fisuras o “Crevice”.

### 1.3.6 Corrosión puntual “Pitting”

Se produce en zonas de baja corrosión generalizada y el proceso (reacción) anódico produce unas pequeñas “picaduras” en el cuerpo. Puede observarse generalmente en superficies con poca o casi nula corrosión generalizada. Ocurre como un proceso de disolución anódica local donde la pérdida de metal es acelerada por la presencia de un ánodo pequeño y un cátodo mucho mayor.

Esta clase de corrosión posee algunas otras formas derivadas:

#### 1.3.6.2 Corrosión por fricción.

Es la que se produce por el movimiento relativamente pequeño (como una vibración) de dos sustancias en contacto, de las que una o ambas son metales. Este movimiento genera una serie de picaduras en la superficie del metal, las que son ocultadas por los productos de la corrosión y sólo son visibles cuando ésta es removida.

#### 1.3.6.3 Corrosión por cavitación.

Es la producida por la formación y colapso de burbujas en la superficie del metal (en contacto con un líquido). Es un fenómeno semejante al que le ocurre a las

caras posteriores de las hélices de los barcos. Genera una serie de picaduras en forma de panal.

#### **1.3.6.4 Corrosión microbiológica (MIC)**

Es aquella corrosión en la cual organismos biológicos son la causa única de la falla o actúan como aceleradores del proceso corrosivo localizado.

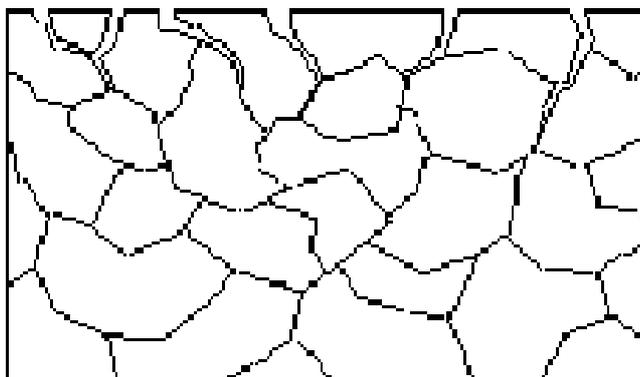
La MIC se produce generalmente en medios acuosos en donde los metales están sumergidos o flotantes. Por lo mismo, es una clase común de corrosión.

Los organismos biológicos presentes en el agua actúan en la superficie del metal, acelerando el transporte del oxígeno a la superficie del metal, acelerando o produciendo, en su defecto, el proceso de la corrosión.

#### **1.3.7 Corrosión Intergranular.**

Es un ataque localizado en zonas adyacentes a los límites de grano con poco ataque de los granos<sup>1</sup>, la naturaleza reactiva de los límites de grano de los metales policristalinos es lo que origina la corrosión Intergranular, teniendo bastante influencia las altas temperaturas.

La corrosión Intergranular se produce debido a la concentración de impurezas en los límites de grano. Es común obtener corrosión Intergranular en soldaduras de acero inoxidable que no se realizan adecuadamente. Como se observa en la figura 1.3.



**Figura 1.3 Corrosión Intergranular.**

### 1.3.8 Corrosión Bajo Tensión.

La corrosión bajo tensión viene provocada por la acción combinada de esfuerzos mecánicos estáticos y de un agente químico corrosivo. Los esfuerzos pueden ser internos, superficiales o de ambos tipos conjuntamente.

La figura 1.4 representa la secuencia de procesos que se presentan en el agrietamiento bajo tensiones:

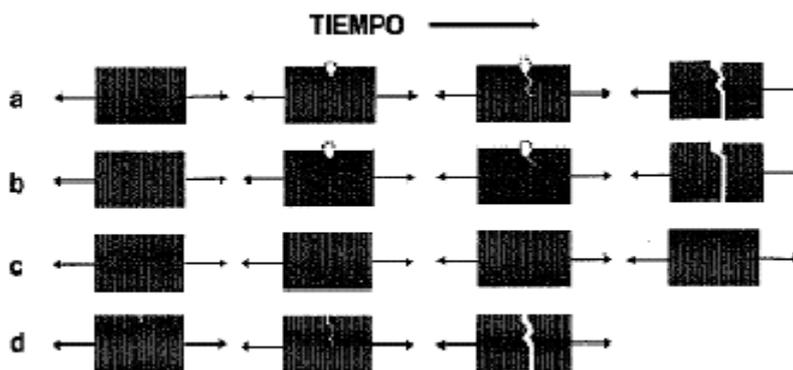


Figura 1.4 Corrosión Bajo Tensión.

- a) Cuando se introduce una muestra sin grietas en un medio corrosivo se forma un pozo de ataque, lo cual lleva al desarrollo de una concentración de tensiones y una alteración química de la solución en la propia grieta. Ambos fenómenos favorecen la progresión de la grieta con el tiempo, alcanzándose finalmente el tamaño crítico de la misma, con lo que se produce la rotura.
- b) El material rompe con un tamaño de grieta inferior. Corresponde a un material con una tenacidad a la fractura inferior al "a" o bien a un material sometido a tensiones de tracción superiores.
- c) El material no sufre picaduras en el medio corrosivo y por tanto, en ausencia de grietas, no sufre los fenómenos de corrosión bajo tensiones.
- d) El material contiene grietas superficiales, por lo que puede experimentar fenómenos de corrosión bajo tensiones.

## CAPITULO 2

### PROYECCIÓN DE ARENA POR AIRE A PRESIÓN, ARENADO O “SAND-BLASTING”.

#### 2 Reseña histórica.

El proceso de Sand-Blast fue patentado en Inglaterra en el año de 1870, por Tilghman, quien descubrió que impulsando arena (Sand), con un chorro de aire comprimido se podía aprovechar la energía generada por el impacto (Blast), que se producía, para limpiar las superficies de las piezas salidas de fundición, a las que se les debía quitar la arena del corazón y la escoria formada en la superficie de esas piezas, descubriendo así el principio de lo que ahora conocemos como “Sand-Blasting<sup>13</sup>”.

#### 2.2 Definición.

Consiste en la limpieza superficial de materiales proyectando granos abrasivos por soplo de aire comprimido con una presión adecuada del aire (figura 2.1), o por la fuerza centrífuga de un rotor. (Figura 2.2)



Figura 2.1 Aplicación de Sand-Blasting<sup>14</sup>.



Figura 2.2 Turbina para proyección de Granalla<sup>14</sup>.

El impacto del medio abrasivo se realiza a través de algún mecanismo o sistema, que lanza el abrasivo a velocidad y a granel para que impacte la superficie que se quiere procesar. El efecto de este choque provoca que las partículas no

adheridas a la superficie sean desplazadas (polvo, óxido de corrosión, pintura, etc.) obteniendo como resultado una limpieza profunda.

Se debe mantener el impacto, entonces además de limpiar (por el barrido efectuado), se inicia el proceso de preparación de la superficie áspera favorable para un proceso posterior de aplicación de pintura, este beneficio se consigue al aumentar la rugosidad de la superficie, teniendo como resultado una mayor adherencia de la pintura a la pieza, con lo que el acabado tendrá una vida útil más larga y en mejores condiciones.

## **2.3 Equipos de sand blasting.**

Existen dos tipos de equipos de Sand Blasting, que a continuación se detallan.

### **2.3.1.1 Equipo de sand blasting por presión.**

Este proceso consiste en presurizar un recipiente fabricado especialmente para soportar presión de  $9,15\text{Kg/cm}^2$  o 130 PSI (Libras por pulgada cuadrada). La forma del cuerpo es circular, la sección superior esta conformada con una tapa semiesférica en cuyo centro se abre un orificio de aproximadamente 8 cm. de diámetro a través del cual se introduce el abrasivo.

La sección inferior es de forma cónica que termina en una salida de 2.5 a 3 cm. de diámetro con un acople al que se conecta una válvula mezcladora de abrasivos de la misma que se conecta la manguera por la que se expulsa el abrasivo hacia la pieza a limpiar, por el tamaño de salida de la boquilla, su forma y el hecho de poder lanzar el abrasivo a mayor velocidad y con mas fuerza,

La ventaja de este método, es que hace posible manejar un mayor volumen de abrasivo y con una fuerza de impacto más grande, logrando más velocidad en el proceso y mayor eficiencia en la limpieza superficial.

Con estos equipos se pueden procesar grandes áreas. Por ejemplo cascos de barco, tanques de almacenamiento de refinerías, pista de aterrizaje, estacionamientos, etc.

Las capacidades que se manejan en estos equipos van desde 75 Kg. de arena hasta 50 toneladas, igualmente la dimensión es de 0.30 m. de diámetro y 1.07 m.

de altura, hasta 2.15 m. de diámetro y 9.95 m. de altura. La figura 2.3 ilustra estos equipos



Figura 2.3 Equipos de sand blasting por Presión <sup>17</sup>.

### 2.3.1.2 Equipo de sand blasting por succión.

Este proceso consiste en transportar el abrasivo, como su nombre lo indica, por succión llevándolo hacia una cámara de vacío (origen de la succión), donde pasa la ráfaga de aire comprimido mezclándose para seguir su trayectoria hacia el ducto de la boquilla por donde se expulsa el chorro abrasivo y aire que impactará en la superficie de la pieza, a procesar.

Cabe mencionar que la fuerza de impacto del abrasivo por este método no es tan grande como si utilizáramos el equipo de presión mencionado anteriormente, siendo de cualquier manera muy efectivo en piezas pequeñas debido a la relación tiempo-área de proceso. Un ejemplo de esto se visualiza en la figura 2.4



**Figura 2.4** Equipo de sand blasting por succión.

### **2.3.2 Consideraciones de mantenimiento de los equipos de sand blasting.**

Tanto los equipos de Granallado y los de Sand-Blasting tienen una operación por naturaleza autodestructiva, por el efecto de los abrasivos en circulación, el cuidado en la operación es sumamente importante para aumentar eficiencia, disminuir costos por desgastes prematuros, ahorrar energía y salvar secciones de los equipos que no deben estar expuestos directamente a las ráfagas de abrasivos lanzadas por el, o los procesos.



**Figura 2.4** Pistolas y Boquillas.



**Figura 2.5** Guantes para Cabinas Sand-Blasting.

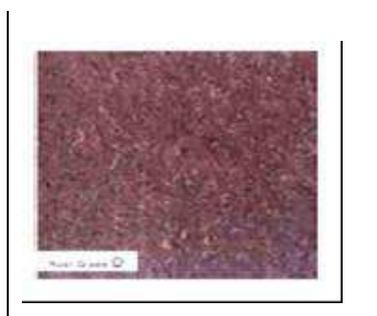
## 2.4 Grados de corrosión utilizados en normas internacionales<sup>14</sup>

Los principales grados de corrosión que se utilizan por las normas internacionales se detallan a continuación en la siguiente tabla.



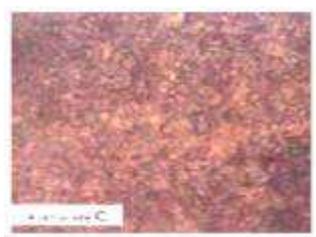
### Grado A.

Superficie de acero con la capa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión.



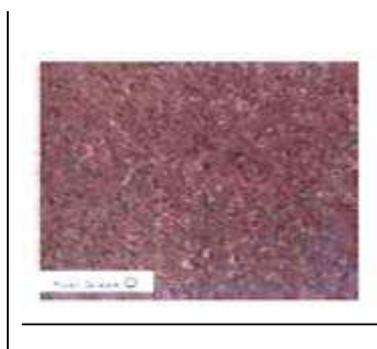
### Grado B.

Superficie de acero con principio de corrosión y en la cual la capa de laminación comienza a desprejarse.



### Grado C

Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o la capa de laminación puede ser eliminada por raspado, pero en la cual no se han formado en gran escala cavidades visibles.



### Grado D

Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y se han formado en gran escala cavidades visibles.

Tabla 2.2 Grados de Corrosión.

## 2.5 Normas usadas para limpieza superficial.

Los trabajos de preparación de superficies están normalizados por varias asociaciones internacionales. Las normas definen la terminación deseada o sea el grado de arenado a alcanzar, esto se observa en la tabla 2.1.

Algunas normas son de comparación visual utilizando probetas de Acero, discos comparadores o fotografías y otras normas solo son escritas. Todas las normas están sujetas a un grado de interpretación y aplicación de las especificaciones dadas por los usuarios, inspectores, aplicadores y otros.

<b>Norma SIS Sueca</b>	<b>Norma Americana</b>	<b>Norma SSPC</b>	<b>Norma Francesa</b>	<b>Norma Inglesa</b>	<b>Norma NACE</b>
SA 3	Metal Blanco	SP 5	DS 3	1 <sup>ra</sup> Calidad	NACE 1
SA 2 <sup>1/2</sup>	Metal Semi blanco	SP 10	DS 2.5	2 <sup>da</sup> Calidad	NACE 2
SA 2	Comercial	SP 6	DS 2	3 <sup>ra</sup> Calidad	NACE 3
SA 1	Cepillado	SP 7	DS 1		NACE 4

Tabla 2.1 Normas de el grado de arenado a alcanzar<sup>15</sup>.

Las normas de mayor utilización en toda América Latina son:

- **Norma SIS**  
Swedish Standards Institution  
Stockholm Suecia,
- **Norma SSPC**  
Steel Structures Painting Council,  
Pittsburgh USA

La metodología utilizada se basa en la comparación de la superficie tratada con el patrón de la norma, fotografías en el caso de la norma SSPC y transparencias en el caso de la norma SIS.

### 2.5.1 Norma europea SIS 05 5900.

La norma define para superficies de acero laminadas en caliente los cuatro grados diferentes de corrosión, antes enunciados como A, B, C, D.

Partiendo de cada grado de corrosión se definen grados de preparación de superficie, codificados como:

- ST 2 y ST 3: para raspado y cepillado
- Sa 1, Sa 2, Sa 2<sup>1/2</sup>, Sa 3 mediante proyección de partículas abrasivas (arenado- granallado)

Así se combinan el punto de partida (superficie previa al arenado) y la terminación final.

Ejemplo, si se parte de un grado de corrosión "B" y se logra un grado de preparación Sa 2<sup>1/2</sup> el trabajo se define como B Sa 2<sup>1/2</sup>.

Los grados de preparación superficial que están descritos con palabras sin embargo las ilustraciones proporcionan una información más precisa.

A continuación se detalla la normalización para preparación de superficies en forma manual antes del granallado.

#### **2.5.1.1 Grados de preparación por raspado y cepillado manual con cepillo de acero.**

Las superficies de acero se limpiarán para quitar el aceite, grasa, etc., y las capas gruesas de óxido se sacarán con un cincel antes del tratamiento.

**2.5.1.1.1 Grado St 2** Raspado, cepillado manual con cepillo de acero, cepillado a máquina, esmerilado a máquina, etc. de una manera minuciosa. Mediante el tratamiento se quitarán las capas sueltas de laminación, el óxido y las partículas extrañas. Luego se limpiará la superficie con un aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o un cepillo limpio. Entonces deberá adquirir un suave brillo metálico. El aspecto deberá coincidir con la designación St 2.

**2.5.1.1.2 Grado St 3** Raspado, cepillado manual con cepillo de acero, cepillado a máquina, esmerilado a máquina, etc. de una manera muy minuciosa. La superficie se tratará como en el grado St 2 pero de una manera mucho más minuciosa. Después de quitar el polvo, la superficie deberá presentar un claro brillo metálico y su aspecto deberá coincidir con la designación St 3

Luego de haber preparado la superficie en forma manual con un alto grado de corrosión, se procede a preparar con chorro de arena.

### **2.5.1.2 Grados de preparación de superficies para sand blasting.**

Las superficies de acero se limpiarán para quitar el aceite, grasa, etc. y las capas gruesas de óxido se sacarán con un cincel antes del tratamiento.

#### **2.5.1.2.1.1 Grado Sa 1 arenado-granallado ligero.**

Se quita la capa suelta de laminación, el óxido suelto y las partículas extrañas sueltas. El aspecto deberá coincidir con la designación para Sa 1.

#### **2.5.1.2.1.2 Grado Sa 2 arenado-granallado minucioso.**

Se quita casi toda la capa de laminación y de óxido y casi todas las partículas extrañas. Deberá adquirir entonces un color grisáceo y su aspecto deberá coincidir con la designación Sa.

#### **2.5.1.2.1.3 Grado Sa 2 1/2 arenado-granallado muy minucioso.**

Las capas de laminación, óxido y partículas extrañas se quitan de una manera tan perfecta que los restos sólo aparezcan como ligeras manchas o rayas. Su aspecto deberá entonces coincidir con la designación Sa2<sup>1/2</sup>.

#### **2.5.1.2.1.4 Grado Sa 3 arenado-granallado a metal blanco.**

Toda la capa de laminación, todo el óxido y todas las partículas extrañas se quitan sin dejar ningún resto de contaminante. Deberá adquirir un color metálico uniforme y coincidir con la designación Sa 3.

### **2.5.2 Norma americana SSPC VIS 1- 89**

Al igual que la norma europea, la SSPC define cuatro grados de corrosión (A, B, C, D) equivalentes y partiendo de éstos se definen distintos grados de preparación:

La norma SSPC se encuentra más detallada en el Anexo 5.

- **Grado SSPC SP7** Granallado / Arenado Rápido.
- **Grado SSPC SP6** Granallado / Arenado Comercial.
- **Grado SSPC SP10** Granallado / Arenado cercano a metal blanco.
- **Grado SSPC SP5** Granallado / Arenado a metal blanco.

*Ejemplo, si se parte de un grado de corrosión "B" y se logra un grado de preparación SP 10 el trabajo se define como **B SP 10***

#### **2.5.2.1 SSPC SP7 arenado – granallado rápido.**

La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, capa suelta de laminación, óxido suelto y capas de pintura desprendidas. Conserva la capa de laminación donde está firmemente adherida. Estas partes no deben desprenderse mediante un objeto punzante. Es utilizado sólo en los casos de condiciones muy poco severa y presentará áreas de probables fallas.

#### **2.5 Grado SSPC SP6 arenado – granallado comercial.**

La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido y los restos de capa de laminación no deben superar al 33% de la superficie en cada pulgada cuadrada de la misma. Los restos deben verse sólo como de distinta coloración. Generalmente se lo especifica en aquellas zonas muy poco solicitadas sin ambientes corrosivos.

#### **2.5.2.3 Grado SSPC SP10 arenado – granallado cercano a metal blanco.**

La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación, restos de pintura y otros materiales extraños. Se admite hasta un 5% de restos que pueden aparecer sólo como distinta coloración en cada pulgada cuadrada de la superficie. Es la especificación más comúnmente utilizada. Reúne las características de buena preparación y rapidez en el trabajo. Se lo utiliza para condiciones regulares a severas.

#### **2.5.2.4 Grado SSPC SP5 arenado a metal blanco.**

La superficie debe estar libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación, restos de pintura sin excepciones. Es utilizada donde las condiciones son extremadamente severas, con contaminantes ácidos, sales en solución, etc.

En la siguiente figura se detalla los diferentes grados de preparación de superficies establecidos por la norma SSPC.



Figura 2.7 Grados de preparación de superficies<sup>17</sup>.

En la siguiente página se detalla más ampliamente los diferentes trabajos logrados con la norma SSPC.

## **2.6 Tipos de limpieza para metales, procedimientos y patrones de limpieza.**

A cada grado de corrosión, se aplican diferentes grados de limpieza, de donde se obtienen diferentes patrones de limpieza.

### **2.6.1 Limpieza al metal blanco con chorro abrasivo.**

Este es el método de la norma SSPC-SP5-63 (el patrón visual es SSPC-VIS 1-C7-T 5 a 3). Este método se aplica a todos los grados de corrosión. Consiste en un tratamiento intenso hasta conseguir la remoción total de la capa de laminación, óxidos y partículas extrañas. Limpieza final con aspirador de polvo, aire comprimido seco y limpio, o escobilla de acero limpia. Posterior a la limpieza final, la superficie deberá quedar con una coloración ceniza claro metálica uniforme y sin manchas o rayas.

En si en la limpieza del METAL BLANCO todo el óxido visible, restos de pintura y partículas extrañas son removidos de la superficie. El acero totalmente limpio quedará de color gris claro similar al aluminio.

### **2.6.2 Limpieza al metal casi blanco con chorro abrasivo.**

Este es el método de la norma SSPC-SP10-63-T y el patrón visual es SPC-VIS 1-67-T.

Consiste en una limpieza minuciosa, toda capa de laminación, óxido y partículas extrañas, deben ser removidas, de tal modo que los residuos sólo aparezcan como leves manchas, o decoloraciones en la superficie. Limpiar con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o escobillas de fibra. Posterior a la limpieza final, 95% de la superficie deberá estar libre de residuos y presentar un color ceniza claro o próximo al blanco, en esta condición el 95% del área (uniformemente distribuida) y tratada estará limpia, sin residuos e impurezas y presentar un color ceniza claro.

### **2.6.3 Limpieza comercial con chorro abrasivo.**

Este es el método de la norma SSPC-SPC-63 (el patrón visual es SSPC-VIS 1-67-T 5 a 2. Este patrón no se aplica al grado de corrosión "A". Consiste en una limpieza cuidadosa, removiendo prácticamente toda capa de laminación de óxidos

y partículas extrañas. Limpiar la superficie con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco, o escobilla de acero limpia.

Si la superficie tiene cavidades (erosión), sólo se permite pequeños residuos de óxido en el fondo de estas cavidades, con la limpieza de calidad comercial, 2/3 de la superficie tratada estará libre de restos de óxidos e impurezas. Corresponde aclarar que esta condición detalla lo que sería observado “un tono ligeramente suave de marrón” sobre un fondo gris mas claro.

#### **2.6.4 Métodos aplicados previamente a la aplicación del sand blasting.**

Antes de aplicar la limpieza por chorro abrasivo se debe aplicar otros métodos de limpieza que a continuación se detallan.

##### **2.6.4.1 Limpieza mecánica.**

Este es el método de la norma SSPC–SP3–63 (el patrón visual es el SSPC–VIS 1–67–T). No se aplica el grado de corrosión "A". Consiste en una limpieza minuciosa de la superficie. Debe ser removida toda la capa de laminación, oxidación, pintura antigua suelta, como también partículas extrañas, usando escobillas rotativas de acero, herramientas de impacto, esmeriladoras. Posterior a la limpieza la superficie deberá presentar un pronunciado brillo metálico.

##### **2.6.4.2 Limpieza con llama.**

Este es el método de la norma SSPC–SP4–63. Basándose en un alto grado de calentamiento en la superficie, el cual remueve la capa de laminación y oxidación por diferencia entre los coeficientes de dilatación del acero y de la capa, o por acción explosiva del vapor de agua ubicada debajo de la capa de laminación, o la combinación de estas dos acciones.

Su efectividad depende básicamente de la velocidad de la llama de modo de obtener una transferencia rápida e intensa de calor para la capa de laminación. La velocidad con la cual la llama es pasada sobre la superficie, varía de 4,5 a 10,5 m/minuto. Para complementar su eficiencia la superficie es escobillada posterior a la aplicación del calor para remover el polvo. Se aplica

la pintura cuando la superficie esté tibia. Se usa también este método para remover pinturas antiguas.

Otra adaptación de este procedimiento de limpieza, es el de la llama deshidratante, cuya finalidad es remover la humedad de la superficie, que ocurre por ejemplo, cuando es necesario el inicio de los trabajos temprano en la mañana y la superficie está cubierta de rocío.

Se emplea para el proceso los siguientes gases: Oxígeno, acetileno, propano, gas natural, etc. Se aplica con un quemador especial.

#### **2.6.4.3 Limpieza con solvente.**

Este es el método SSPC–SP1–63. Este método consiste en la remoción de aceites, grasas y partículas extrañas de la superficie a ser pintada, antes de remover la oxidación y la capa de laminación, consistente en la aplicación de los solventes por medio de pulverización, raspado con escobillas metálicas, limpieza con estopa, trapos, por inmersión de la superficie a ser limpiadas o por la combinación de estos medios.

#### **2.6.4.4 Limpieza manual.**

Este es el método de la norma SSPC–SP2–63 (el patrón visual es el SSPC–VIS 1–67–T ST2). No se aplica al grado de corrosión "A".

Consiste en el raspado cuidadoso con rasqueta o escobilla de acero para remover la capa de laminación, óxido y partículas extrañas no adherentes. Concluida esta limpieza se termina con aspiradora de polvo de aire comprimido seco y limpio o trapos. Después de esta limpieza la superficie debe adquirir un suave brillo metálico.

Es fundamental que ésta labor define la vida útil, la calidad de la protección y resistencia a la corrosión de todas las estructuras así como la simplicidad del mantenimiento de la pintura de la superficie tratada.

## **2.7 Otros materiales utilizados con chorro abrasivo.**

Sirven para el caso de diversos materiales que tengan propiedades de alta dureza: granalla de acero, granos de acero o hierro fundido, producto sintético y óxidos.

También pueden usar materiales de baja dureza, cáscara de arroz, de nuez, de maní y sustancias parecidas. Estos abrasivos son generalmente utilizados en instalaciones donde se pueda establecer un circuito cerrado, con elevada tasa de reciclaje. La arena, es el único abrasivo de posible aprovechamiento económico en instalaciones de obra.

Inhibidores de corrosión para arenado de superficies, son utilizados en los casos de limpieza húmeda, y en limpieza seca convencional con ambiente de una humedad sobre el 85%.

## **2.8 Herramientas para sand blasting.**

Las herramientas necesarias para obtener un eficiente proceso Sand Blasting son:

- Una tolva o columna para la arena, donde por gravedad y arrastre de aspiración, la arena se desplaza hasta la tobera.
- Mangueras para alta presión y adecuada longitud para facilitar la tarea.
- En caso de no utilizar una cabina Sand-Blasting se debe usar un casco de protección presurizados con suministro de aire filtrado y presión siempre positiva en su interior para evitar la inhalación por parte del operador del polvo de arena que puede dañar los pulmones.
- Compresor de aire de gran capacidad o volumen de reposición y alta presión (8 o 9,15 Kg. /cm<sup>2</sup>) (113 o 130PSI).
- Buena iluminación del sitio, para la distinción de detalles en los materiales.
- Ropa de trabajo con protección adecuada. La arena proyectada a presión puede provocar heridas en la piel fácilmente.
- Normalmente la tarea debe realizarse con tres operarios: Uno arenando, otro sirviendo la arena a la tolva y un tercero para alternar su turno en el arenado y atención del compresor.

## **2.9 Consideraciones para operación del sistema sand blasting.**

Las mangueras deben ser provistas de elementos disipadores de cargas eléctricas estáticas para servicios en lugares peligrosos como tanques de combustibles. En caso que la superficie se presente excesivamente cubierta de escamas de oxidación, la limpieza debe ser auxiliada para la remoción de las escamas con herramientas de impacto o de limpieza mecánica.

El abrasivo aplicado podrá ser reutilizado. En condiciones ideales se podrá hacer un reciclaje máximo de tres veces, porque un alto porcentaje de quiebre de las aristas del grano disminuye bruscamente el rendimiento.

El arenado o proyección de arena por medio de aire a presión es el mejor de los tratamientos mecánicos disponibles todavía para dar base cierta a cualquier esquema de pintura que se adopte.

La superficie luego del proceso de arenado presenta (en una visión al lente del microscopio) una serie de valles y picos con profundidades que varían entre 1,5 a 3,5 milésimas de milímetros perfectamente uniforme. Es en esa base metálica “áspera” y micro rugosa que la película de pintura encuentra su mejor cuna para “agarre” y adherencia. Comúnmente las distancias entre picos y valles es variable según la presión del aire de la tobera, su cono de barrido y la granulometría de la arena proyectada.

La arena a usar esta en un rango de 2 milímetros de diámetro la más gruesa hasta 0,0625 milímetros de diámetro la más delgada, la arena es un silicato de muy bajo costo y fácil obtención, aunque sus granos al golpear el metal se parten formando un fino y penetrante polvo.

Al cabo de una o dos proyecciones de la arena en uso debe ser reemplazada porque adopta la característica del talco o la harina, normalmente estos granitos proyectados con aire a una presión superior a los 6 Kg/cm<sup>2</sup> ó 85 PSI producirán unas depresiones de 1,5 micras al golpear contra la superficie de la chapa y partirse.

Si bien puede utilizarse arena de origen marino será indispensable en tal caso lavarla y secarla antes de usar y posteriormente lavar la superficie de la chapa arenada con soluciones para remover y neutralizar cualquier vestigio de sal antes de pintar.

Es preferible utilizar arena de río ya que tiene bajo porcentaje de silicio, lo cual la hace menos peligrosa para la salud.

Es indispensable que la arena a utilizar esté bien seca para que fluya muy bien en la tolva de “gravedad” que normalmente se utiliza para expulsarla hacia la tobera. También pueden proyectarse por chorro de aire, escoria refractaria o granalla metálica y productos de marcas registradas como Green Diamond<sup>14</sup>, Copper Blast, Garnet o Copper Slag, que si bien resultan mas caros inicialmente permiten ser reutilizados varias veces en el proceso y evitan la aspiración de silicatos al operador que, a largo plazo y si no se dispone de equipos adecuados para el trabajo enferman los pulmones (Silicosis). Ver Anexo 6

La superficie limpiada no debe ser tocada con las manos. Hay que evitar el contacto de la superficie arenada con la grasa o suciedad de las propias manos, y evitar cualquier líquido o solvente que contenga grasa. Esto influye en una adherencia deficiente de la primera capa de pintura base. Dado que el proceso de oxidación de la superficie arenada es relativamente rápido, se deberá controlar siempre la humedad ambiente y aplicar la capa de pintura de protección en un plazo no mayor de 4 a 6 horas posteriores al arenado.

Cuidados especiales deben ser tomados en la limpieza de cordones de soldadura, éstos por su naturaleza, tienen acentuada porosidad.

En caso de áreas a pintar cuando, por necesidad, se ejecuta arenado seco estando la superficie a una temperatura menor de 3°C y sobre el punto de rocío o humedad relativa de 85%, será necesaria la adición de inhibidores de corrosión, o aplicar la pintura inmediatamente posterior al arenado.

En el siguiente esquema referencial se detalla un equipo básico para Sand Blasting por presión. Este sistema es utilizado para trabajos robustos y en exteriores.

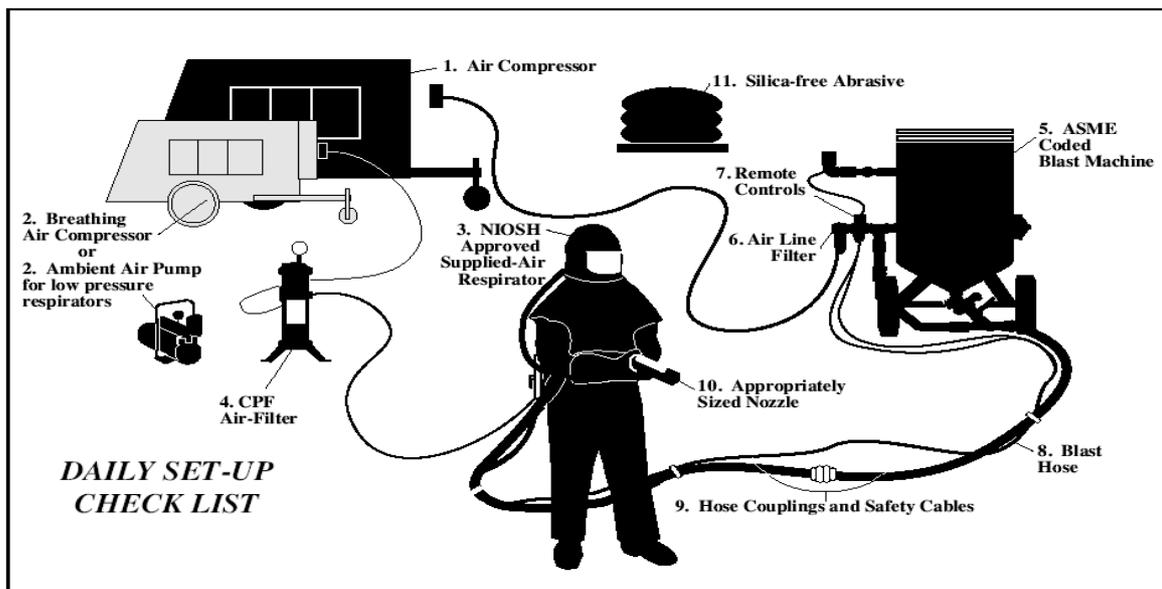


Figura 2.8 esquema básico sand blasting.

## 2.10 Estudio comparativo de costos y rendimientos entre granalla de acero y arena<sup>14</sup>.

Se hará una comparación de la utilización entre granalla de acero y arena dentro de recintos cerrados tales como cuartos de granallado, tanques o bodegas de barcos utilizando equipos de granallado por aire comprimido.

Los sistemas modernos de proyección de partículas por aire comprimido, equipos de arenado o granallado, trabajan indistintamente con cualquier tipo de abrasivos. Esto permite, utilizando un mismo equipo, seleccionar el abrasivo adecuado para cada tipo de trabajo.

No se hace referencia a equipos que utilizan turbinas mecánicas para la impulsión del abrasivo ya que estos no pueden utilizar arena

### 2.10.1 Características genéricas de la arena y de la granalla de acero.

Debido a que los dos abrasivos más importantes son la arena y la granalla se mencionaran a continuación las principales características.

### **2.10.1.1 Arena.**

Es el abrasivo natural de más amplia disponibilidad y muy bajo costo. Constituye históricamente “el abrasivo”, y le aporta el nombre a todos los procesos de preparación de superficie por proyección de partículas llamados comúnmente “arenado” o “sand-blasting”.

El tipo de arena que se utiliza, es la sílice y nunca la calcárea, la cual tiene la dureza necesaria para este tipo de trabajo. Al ser un abrasivo natural debe ser sometido a análisis, debido a los contaminantes que puede arrastrar desde su lugar de origen, dunas, ríos, canteras, etc.

Además para trabajar adecuadamente con la arena, ésta no debe utilizarse a granel sino debe ser tamizada, retirando los finos que no realizan un buen trabajo de arenado sobre la superficie y los gruesos que obturarían el equipo.

También debe ser sometida a un proceso de secado debido a su capacidad de absorber humedad.

Es extremadamente frágil y proyectada por equipos de alta producción, sólo se puede utilizar una sola vez debido a que más del 80 % se transforma en polvo luego del primer golpe. Crea una gran polución en el ambiente de trabajo por la fragilidad de sus partículas que, luego del impacto, se convierten en un alto porcentaje en polvo con tamaños inferiores a malla 300 Mesh.

### **2.10.1.2 Granalla de acero.**

Es un abrasivo que se obtiene del acero a través de proceso de fusión con composiciones químicas controladas. Del proceso primario de fabricación se obtienen partículas redondeadas que constituyen las granallas de acero esféricas (shot). Estas partículas en el estado de mayor diámetro se parten formando así la granalla de acero angular (grit).

Para aquellos trabajos en donde reemplazan el uso de la arena se utilizan exclusivamente granallas angulares, en algunos casos con el agregado de un pequeño porcentaje de granalla esférica. Una partícula de granalla angular presenta aristas y puntas y al ser proyectada trabaja como una herramienta que clava y arrastra en la superficie a procesar.

Este abrasivo, puede ser seleccionado de acuerdo al trabajo a realizar, no solo por el tamaño de la partícula, uniforme en todas ellas, sino la dureza en determinados rangos. Es altamente reciclable, pudiendo ser proyectado desde 700 a 5000 veces conforme al diámetro, tipo y dureza de abrasivo utilizado. Al ser partículas de acero templado y revenido no provocan ningún problema de contaminación en la superficie de trabajo.

El polvo producido en la operación es solo básicamente el resultado de los materiales removidos sobre la superficie a tratar. Debido a que no absorbe humedad, la granalla de acero no requiere de un secado previo y al ser todas las partículas de similar granulometría, producen un trabajo totalmente uniforme.

Podemos reseñar en la siguiente tabla, las principales características de ambos abrasivos:

<b>Abrasivo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Forma</b>	<b>Dureza</b>	<b>Densidad</b>	<b>Sílice Libre</b>	<b>Mallas</b>	<b>Factor de reutilización</b>
<b>Arena</b>	Sílice	Irregular redondeada	5-6 MOHS	1600 Kg/m <sup>3</sup>	90 %	6-300	1 vez
<b>Granalla de acero</b>	Metálica	Angular	40 a 68 RC	4000 Kg/m <sup>3</sup>	0	18-200	De 700 a 5000 veces

**Tabla 2.3 Características entre arena y granalla de acero.**

### 2.10.2 Tamaños de la granalla y relaciones entre esférica y angular<sup>16</sup>.

Muchas veces, para obtener el mejor resultado en la limpieza de algún producto, es necesario utilizarse de una mezcla de Granalla de Acero Esférica con Angular. De una manera general, la Granalla Esférica, por su más grande masa, rompe las partículas de oxidación del producto a ser limpio y disminuye la rugosidad de la superficie. La Granalla Angular es más eficaz en la remoción de óxidos incrustados en la superficie y para provocar superficies más rugosas, con el objetivo de mejorar la adherencia de sustancias que serán aplicadas en las superficies preparadas. En estos casos, es importante que los tamaños de Granalla sean equivalentes o tengan masas equivalentes, permitiendo tener las mismas tajadas de descarte en el separador de la máquina de granallado.



**Figura 2.9** Forma esférica.



**Figura 2.10** Forma angular.

En la tabla 2.4 se presentan las comparaciones entre la Granalla de Acero Esférica y Angular.

Tamaño nominal en mm	Granalla Esférica	Granalla Angular
2.00	S-780	G-10
1.70	S-660	G-12
1.40	S-550	G-14
1.18	S-460	G-16
1.00	S-390	G-18
0.85	S-330	
0.71	S-280	G-25
0.60	S-230	
0.42	S-170	Gh40
0.30	S-110	G-50
0.18	S-70	G-80

Tabla2.4 Comparación entre granalla de acero esférica y angular<sup>14</sup>.

### 2.10.3 Formas de Granalla<sup>16</sup>

A continuación se detallan las diferentes formas de granallas:

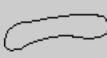
Formas aceptables			
	Esfera	Esferoide	Elipsoide
Formas marginales			
	Nodulada	Elongada	Germinada
Formas inaceptables			
	Lágrima	Rota	Mellada
Defectos internos (máximo 15 %)			
	Grietas	Huecos	Rechupes

Tabla 2.5 Formas de granalla.

Conocidas las distintas características de la arena y la granalla de acero podemos describir como se comporta cada abrasivo trabajando en lugares cerrados.

### 2.11 Costos de operación con granalla y arena.

En la siguiente tabla se detalla una comparación entre operar con granalla y arena, además el tiempo de duración de las boquillas y la generación de polvo.

En los 3 ejemplos dados se utilizan un mismo equipo de granallado con similar consumo de aire comprimido.

- Equipo de granallado<sup>14</sup> TP 200-1SCD (200 Lts de capacidad)
- Boquilla: Ventura Largo 8 mm.
- Consumo de aire comprimido: 3.8 m<sup>3</sup>/min a 7 Kg/m<sup>2</sup>
- Calidad de granallado: SA 2 ½ (SSPC10) semi blanco

Tipo de Abrasivo	Producción m <sup>2</sup> /hr	Consumo de Abrasivo (1)		Costo del Abrasivo		Duración de las Boquillas	Generación de Polvo (4)
		Kgr/hr.	Kgr/m <sup>2</sup>	usd/Kg.(2)	usd/m <sup>2</sup> (3)	Horas(4)	
Granalla de acero "Sablacier"	20	5	0.25	\$ 0.80	\$ 0.20	700	Muy baja formación de polvo
Granalla de acero Angular "G40E"	15	5	0.33	\$ 0.80	\$ 0.26	1200	
Arena	10	400	40	\$ 0.09	\$ 3.60	300	Muy alta formación de polvo

Tabla 2.6 Costos de operación con granalla y arena

Notas: (1) El consumo de abrasivo es promediado. El mismo puede variar conforme sea la calidad, la dureza, velocidad de impacto, etc.

(2) El costo promedio de los abrasivos es estimado y varía conforme los distintos proveedores.

### **2.11.1 Costo operativo de los abrasivos (3).**

El costo promedio de consumo de arena por m<sup>2</sup> de superficie granallada será 14 veces mayor respecto a la utilización de granalla de acero G40E y de 18 veces mayor de la granalla de acero Sablacier. Es importante además considerar el mayor costo de logística por acarreo por movimiento de mayores volúmenes de arena y de polvo generado en el proceso respecto de la granalla de acero.

### **2.11.2 Equipos de proyección de abrasivo y complementarios (4).**

Se utilizan equipos similares de proyección y protección del operador. Si embargo la arena es más abrasiva y produce un desgaste mayor de la línea de transporte de abrasivos, mangueras, acoples y boquilla. La arena produce mas polución respecto de la granalla, requiriendo sistemas de extracción y filtrado entre 3 a 5 veces más grande que los necesarios para la granalla metálica.

Estos equipos de extracción y filtrado constituyen la parte más costosa de la instalación además operativamente de aumentar el costo de mantenimiento de los elementos filtrantes. Si se utiliza granalla de acero es necesario contar con un sistema de recuperación y limpieza del abrasivo para poder reutilizarlo en forma eficiente. Para la arena es necesario un sistema de recolección y disposición final.

### **2.11.3 Conclusión.**

El uso de la granalla de acero en recintos cerrados, es extremadamente ventajoso respecto de la arena destacando los siguientes puntos:

- Mayor productividad.
- Menor costo de abrasivo por m<sup>2</sup> limpio.
- Reducción en los costos de mantenimiento
- Mejor calidad en cuanto al trabajo realizado (homogeneidad, rugosidad, limpieza).
- Menor contaminación ambiental.
- Menor generación de residuos y polvos.
- Mejor visibilidad de los operarios.
- Menor riesgo para la salud de los operarios.
- Menor inversión en sistemas colectores de polvo.

Este estudio fue realizado por la constructora de equipos de Sand Blasting CMY de Argentina.

## **2.12 Tipos de granalla de acero (ver anexo 1).**

Existen varios tipos de Granalla de Acero los cuales son mencionados a continuación:

- **Granalla de Acero de Alto Carbono.**
- **Granalla de Fundición.**
- **Granalla de acero para shot-peening.**
- **La primera Granalla de Acero para el Aserrado de Granito.**
- **Granalla de Acero Inoxidable al Cromo.**
- **Granalla de Acero Inoxidable al Cromo-Níquel.**
- **Granallas de Acero Inoxidable Aditivadas.**
- **Granalla de Acero de Medio Carbono.**
- **Granalla de Acero de Alto Carbono.**

## **1.13 Aplicaciones del proceso sand blasting y granallado<sup>13</sup>.**

La limpieza y preparación de piezas previamente al pintado o revestimiento, aplicación especial para el alargamiento de la vida de las piezas sometidas a fatiga, tienen un amplio campo de aplicación en la industria actual. De ahí que nazca la necesidad de diseñar equipos que faciliten tales operaciones.

A modo de ejemplo, a continuación se recogen varias de sus aplicaciones:

<b>Aplicaciones de Sand Blasting y Granallado</b>		
Estampación metálica		Componentes de cerámica, plástico y caucho
Fundición		Bisagras, tornillería, tiradores
Componentes de transmisión y embrague		Regulación de fluidos
Piezas de ingeniería mecánica		Industria de Herramienta
Piezas de ingeniería mecánica		Componentes de rodamientos

**Tabla 2.6 Aplicaciones de sand blasting y granallado.**

A continuación en la figura se presenta algunos ejemplos de aplicación de limpieza mediante el sistema Sand Blasting.

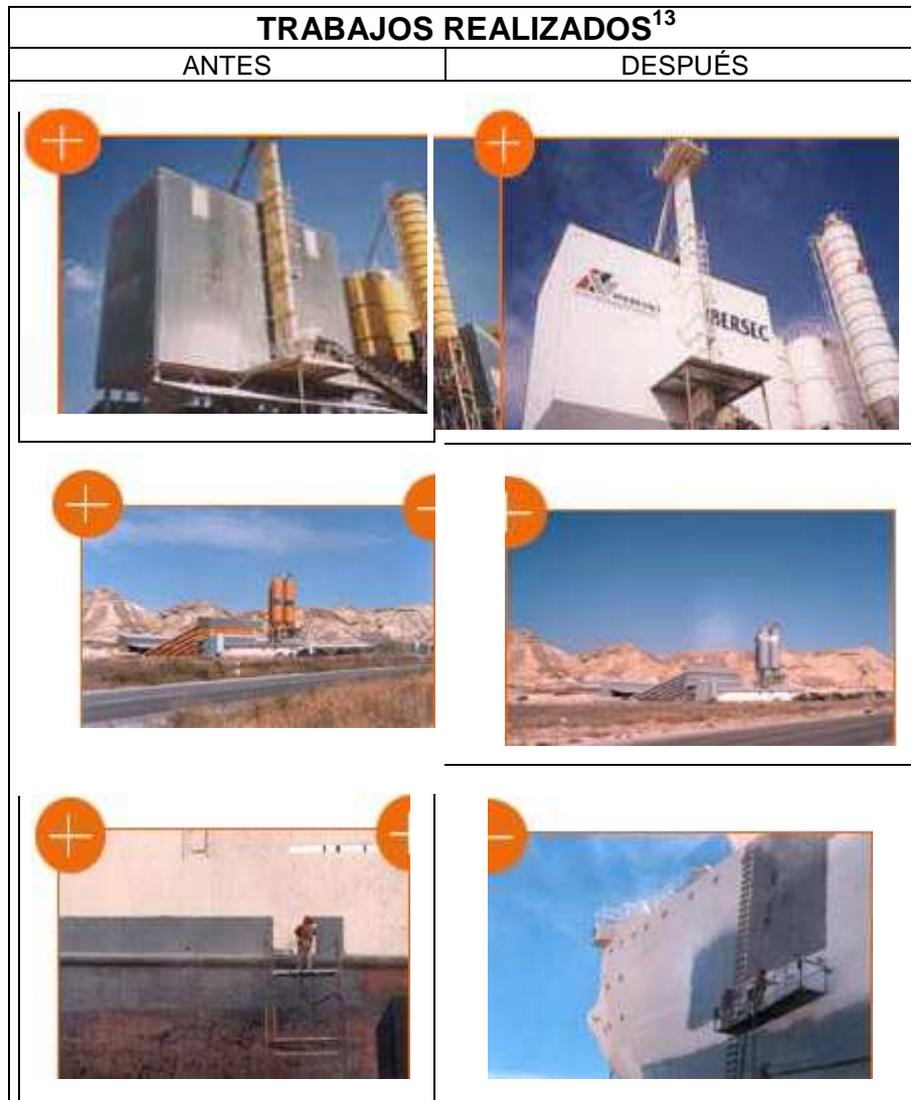


Figura 2.11 Ejemplos de aplicación de limpieza mediante el sistema sand blasting.

## CAPITULO 3

# CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DE LA CABINA SAND-BLASTING

### 3.1 Objetivo.

La cabina se construyó con el fin de realizar limpieza superficial de aceros en general, probetas metálicas o cordones de soldadura para luego realizar la debida inspección o tratamiento superficial. De esta manera se puede evitar la utilización de cepillos de cerdas metálicas, mejorar la calidad de limpieza superficial de la misma y así utilizar tecnología que se encuentra al alcance de nuestras manos.

Sus dimensiones fueron adecuadas de tal manera que una persona de estatura de 1.60m o alta pueda utilizarla sin tener que doblar las rodillas o pararse sobre una base o grada.

En la construcción de la cabina se utilizó láminas de acero estructural A36 de 1/20 de pulgada de espesor, debido a sus características para soportar el impacto de la granalla o arena a presión, además por su peso adecuado nos facilita la transportación de la cabina.

La cabina tiene un volumen de  $0.21m^3$ , en la cual se puede ingresar un objeto de inferior volumen, de manera que se pueda girar el mismo desde el interior para su limpieza superficial (volumen recomendado:  $\frac{3}{4}$  del volumen de la cabina).

### 3.2 Longevidad (Vida útil)<sup>5</sup>.

La longevidad de una máquina, lo mismo que la eficiencia depende mucho de las condiciones y del nivel técnico de explotación. El cuidado minucioso de la máquina, la calificación de los usuarios, la limpieza a su debido tiempo y la prevención de sobrecargas puede aumentar la longevidad de la máquina.

No obstante, lo que decide la longevidad es la construcción correcta de la máquina.

La longevidad de la máquina es el tiempo total que esta puede funcionar a un régimen nominal en condiciones de explotación normal sin reducción esencial de

los fundamentos de los parámetros previstos, teniendo en cuenta todas las reparaciones siendo su coste sumario económicamente admisible.

A veces se emplea el concepto de recurso de longevidad, es decir, el tiempo de trabajo de la máquina en horas hasta la primera reparación general.

En muchos casos, particularmente para máquinas combinadas de acción aperiódica, la longevidad se mide según los índices del rendimiento sumario durante todo el funcionamiento de la maquina combinada. La longevidad determinada de este modo representa el número total de operaciones o de unidades de trabajo que puede realizar la máquina o equipo hasta su desgaste máximo.

### 3.3 Equipos y accesorios.

#### 3.3.1 Agujeros para operación y visor.

En la parte frontal de la cabina hay dos orificios para introducir las manos del operador protegidas por guantes para soldadura de alta calidad, además tiene un visor de cristal transparente con sellos de caucho en los bordes para evitar la fuga de partículas de arena, producidos por el impacto de la arena con la pieza a limpiar y así evitar que ello perjudique a la salud del operador, este visor tiene una inclinación de 45 grados para una fácil apreciación del objeto en el interior de la cabina. Ver figura 3.1



Figura 3.1 Parte frontal de la cabina.

### 3.3.2 Iluminación.

En el interior de la cabina se instaló una **lámpara** de 60W, esta emite una cantidad de luz suficiente para tener una buena visión en el momento que se produce el polvo de arena, además esta lámpara tiene una protección para evitar que el golpe de la arena o granalla a presión la destruya. Su encendido se lo realiza desde el **interruptor** ubicado en la parte inferior izquierda, de marca LEVITON, con una capacidad de 15 Amperios, 120 VAC. Ver Figura 3.1

### 3.3.3 Soporte o reja.

También posee una **reja**, la cual sirve de soporte donde se puede asentar el objeto a limpiar, está construida en acero estructural de 30x15x6mm.

Bajo la reja hay una estructura de forma piramidal invertida para facilitar la caída de la arena o granalla por gravedad, la misma que se deposita en un recipiente para recolectar el abrasivo (granalla o arena) y poder utilizarlo nuevamente en el proceso de limpieza del metal, Ver figura 3.2

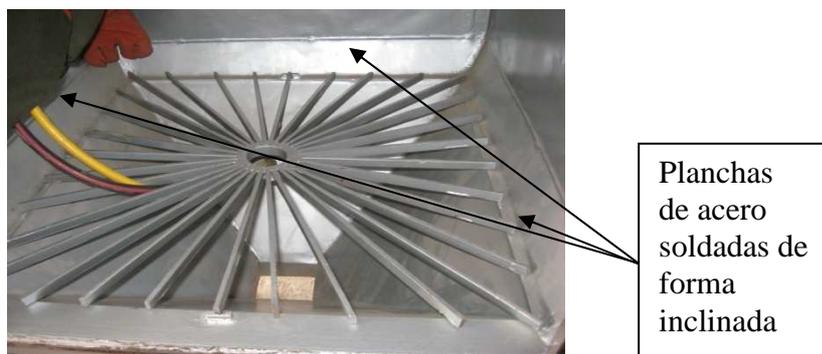


Figura 3.2 Reja o soporte para asentar el objeto a limpiar.

### 3.3.4 Puerta.

En el costado derecho de la cabina se colocó una **puerta** para el ingreso del objeto a limpiar. Igual que el visor esta ventana tiene protecciones de caucho en sus bordes para conservar su hermeticidad. En el filo superior y en uno de los costados de la ventana se colocó dos pernos de 8mm de acero para asegurar la ventana de forma manual como se puede observar en la siguiente figura.



**Figura 3.3** Perno de sujeción manual de la puerta.

Para evitar la acumulación de abrasivo en los ángulos de soporte de la reja se colocó pequeñas planchas de acero con una inclinación que permita que el abrasivo se deslice hacia el recipiente a reciclar, ver figura 3.2. Usando masilla Mustang, se recubrió los filos exteriores e interiores de la cabina para evitar fugas de partículas tanto de abrasivo como óxido.

### **3.3.5 Tolva.**

La **tolva** forma parte del sistema y sirve para el almacenamiento de la arena o granalla, tiene una capacidad de 24 litros de volumen; su cuerpo fue construido de forma cilíndrica y su parte inferior de forma cónica para facilitar la caída del abrasivo mediante la gravedad. Figura 3.4

El abrasivo se conduce desde un acople de rosca de tubo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada a una manguera flexible de  $\frac{3}{8}$  de pulgada, el cual nos facilita la conexión de la tubería de arena, que va desde la tolva hacia la pistola. Ver figura 3.4

Además la parte superior de la tolva tiene un tamiz con perforaciones de 3mm de diámetro para evitar el paso de partículas que puedan taponar el ya que si es superior son gránulos y taponan la boquilla. Ver figura 3.5



Figura 3.4 Tolva para almacenamiento de la arena.



Figura 3.5 Tamiz: Evita el paso de partículas que puedan taponar el sistema.

### 3.3.6 Transporte de aire y abrasivo.

La **tubería** que transporta el aire es una manguera de caucho con un revestimiento de lona la cual soporta una presión de hasta  $21\text{Kg./cm}^2$  (300 PSI) y la tubería que transporta la arena es una manguera de plástico flexible que soporta una presión de hasta  $14\text{Kg./cm}^2$  (200 PSI).

### 3.3.7 Pistola de aplicación.

La **pistola** utilizada en el sistema es la que se puede observar en la figura 3.6, está diseñada para transportar arena, granalla metálica y otros tipos de abrasivos, además tiene sus respectivas entradas, una para aire y otra para arena más los

acoples para expulsar de diferentes formas de la arena o granalla, esta pistola trabaja en un rango de presión de 2.8 Kg/cm<sup>2</sup> (40 PSI) a 9.2 Kg/cm<sup>2</sup> (130PSI) y tiene un consumo de aire de 350 Lts/Min.

Las partes que componen la pistola de aplicación y los 4 diferentes dispositivos o boquillas de salida del abrasivo se los puede observar en el Anexo 4.

En la figura 3.6 se observa la pistola de aplicación, uno de los 4 tipos de boquilla para salida del abrasivo y las tuberías para arena y aire.



**Figura 3.6** Pistola utilizada en el sistema sand blasting.

A continuación en la figura 3.7 se muestra la pistola, sin la boquilla que da forma a la salida de la arena, en donde se puede observar el diámetro de salida del abrasivo que es de 5mm.



**Figura 3.7** Salida de abrasivo de la pistola.

### 3.3.8 El eyector.

El Eyector acelera (o desacelera) una corriente de fluido produciendo (una depresión o compresión). El fluido puede ser agua, vapor de agua, aire o cualquier otro gas. Si se utiliza para producir una compresión se llama inyector, si para producir una depresión o vacío *eyector* propiamente, o exhaustor, este vacío puede utilizarse, por ejemplo, para elevar otro fluido distinto que se mezcla con el que produce el vacío. La figura siguiente representa este caso:

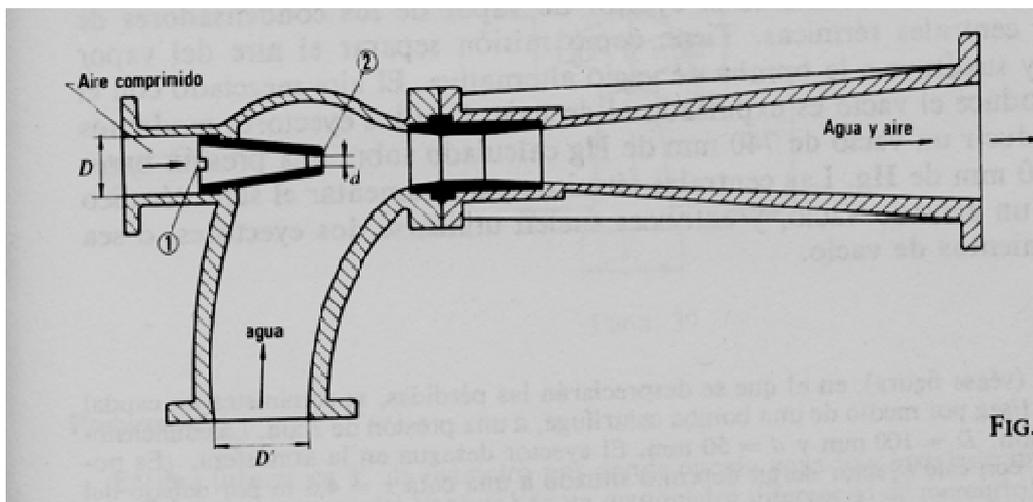


Figura 3.8 Eyector.

“Por el tubo de diámetro  $D$  circula un fluido, por ejemplo, aire comprimido. Su presión se controla por una válvula de estrangulamiento, no indica en la figura. Gracias a la depresión que se crea en  $d$  el agua sube por la tubería de diámetro  $D'$ : este inyector es, pues una bomba cuya gran ventaja consiste en carecer de partes móviles<sup>2</sup>. El efecto Venturi es una clara aplicación del eyector”.

### 3.3.9 Efecto venturi.

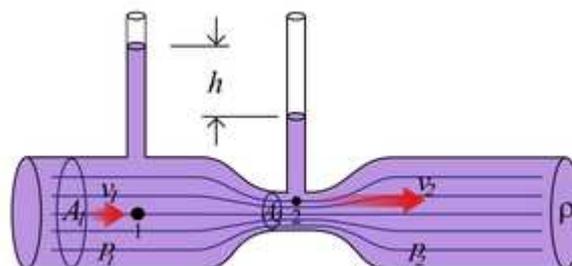
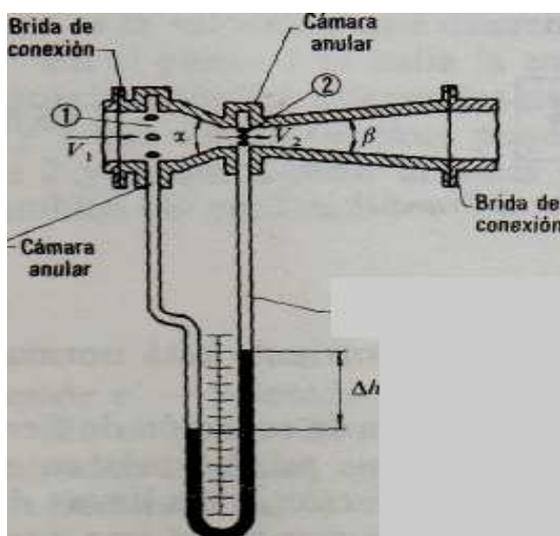


Figura 3.9 Esquema del efecto Venturi.

El **Efecto Venturi** consiste en que la corriente de un fluido dentro de un conducto cerrado disminuye la presión del fluido al aumentar la velocidad cuando pasa por una zona de sección menor. Si en este punto del conducto se introduce el extremo de otro conducto, se produce una aspiración del fluido contenido en este segundo conducto. Este efecto recibe su nombre del físico italiano Giovanni Battista Venturi (1746-1822).

El tubo de Venturi<sup>2</sup> se representa en la siguiente figura, consta de 3 partes: una convergente, otra de sección mínima o garganta y finalmente una tercera parte divergente.



**Figura 3.10 Venturi conectado a Manómetro Diferencial.**

### 3.3.10 Sistema de seguridad.

Para evitar que la persona sea golpeada por el impacto del abrasivo mientras la puerta esté abierta, se instaló un sistema de bloqueo del ingreso de aire en el cual se utilizó una electroválvula 5/2 de marca Micro, de 220V, bobina de 60Hz y 0.042 Amperios.



**Figura 3.11 Electroválvula.**

El sistema de bloqueo es activado por un fin de carrera el cual permite el paso del aire cuando la puerta está totalmente cerrada, este dispositivo es de marca MOUJEN ELECTRIC MFG CO, 15A/250V, TYP: MJ2-1703.



**Figura 3.12 Fin de Carrera.**

### **3.4 Procesos constructivos.**

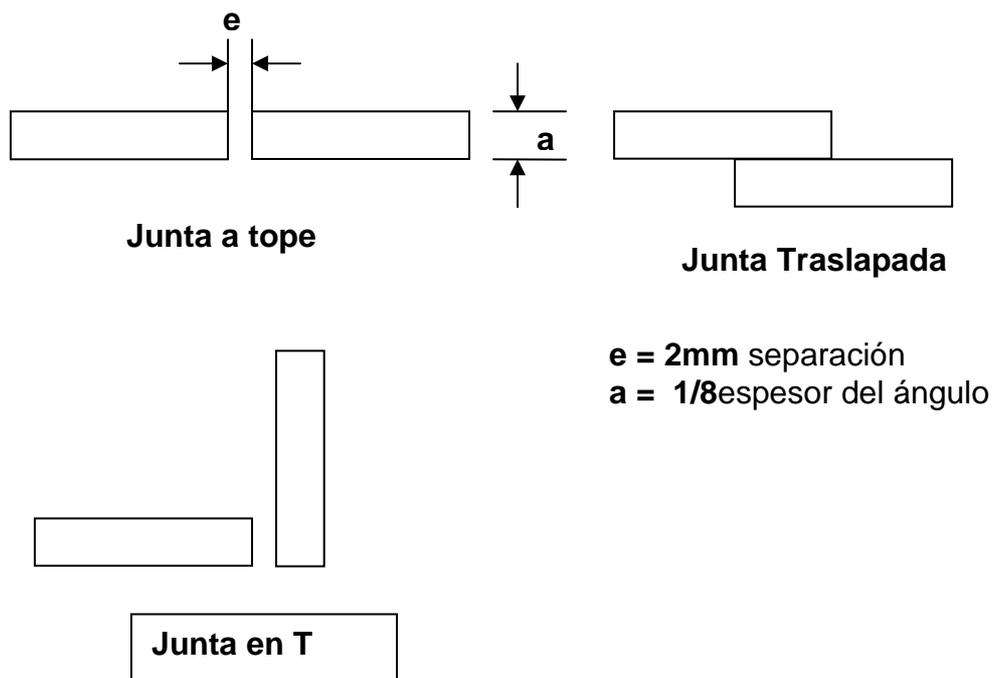
A continuación se detalla el proceso que se llevó a cabo para la construcción y ensamblaje de la cabina Sand Blasting.

#### **3.4.1 Corte.**

En la construcción de la cabina se empleó procesos de corte como es el de mediante cizalla ya que la carcasa de la cabina es de láminas de acero estructural A36 de 1/20 de pulgada de espesor, otro tipo de corte fue el de mediante cierra de arco debido a que se utilizó ángulos de acero estructura A36 de 2" de lado y 1/8" de espesor.

### 3.4.2 Soldadura.

En la construcción de la cabina se empleó el proceso de SMAW e intervinieron las variables que se detallan en el siguiente procedimiento denominado WPS (Welding Process Special).



WPS			
		Lámina de acero	Ángulo
<b>Material</b>	Espesor	1/20"	3/16"
	Tipo	Acero estructural	Acero estructural
<b>Corriente</b>	Tipo	AC.	AC.
	Intensidad	70 Amp.	90 Amp.
<b>Voltaje</b>	Intensidad	30V(circuito cerrado)	30V(circuito cerrado)
<b>Posición de soldadura</b>	Tipo	1G, 1F, 4F	1G, 1F
<b>Junta</b>	Tipo de	Traslapada	A tope, en T
<b>Material de aporte/Electrodo</b>	Numeración	E6011	E6011, 6013
	Diámetro	3/32"	1/8"
	Marca	AGA	AGA
<b>Tipo de Máquina</b>	Smith Welder AC.		

Tabla 3.1 Especificaciones del proceso de soldadura (WPS)

A continuación se ilustra de manera gráfica el proceso de soldadura por arco SMAW.

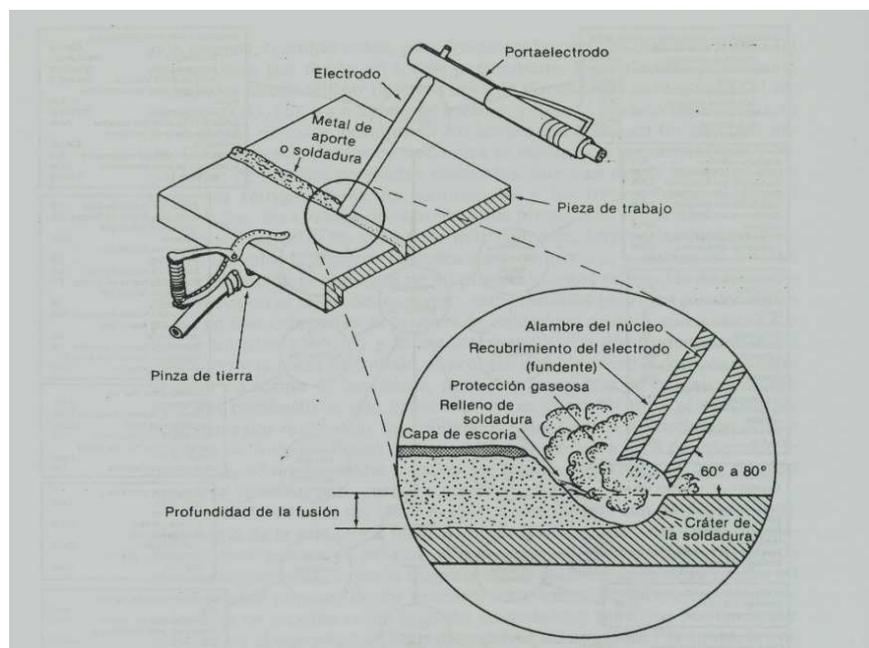


Figura 3.13 Soldadura de Arco<sup>3</sup>.

### 3.4.3 Tipos de soldadura.

Las juntas soldadas, independientemente del proceso de unión, se diseñan principalmente por la resistencia y seguridad que requieren los servicios a los que se les va a destinar. Uno de los aspectos del diseño de juntas es el correspondiente al tipo de soldadura que se utiliza en la junta. Existen 5 tipos básicos de soldadura: la de cordón, la ondeada, la de filete, la de tapón y la de ranura.

### 3.4.4 Electrodo.

Es una varilla metálica, recubierta por una mezcla de materiales minerales y orgánicos que cumplen dos funciones:

- 1.- Conduce la corriente
- 2.-Sirve de metal de aporte.

### 3.4.5 Características de los electrodos utilizados en la construcción del sistema sand-blasting.

#### 3.4.5.1 Norma AWS: E 6011<sup>4</sup>

- **Clasificación AGA: C-13**

Color de revestimiento: Blanco

Identificación: Punta azul

- **Análisis Del Metal Depositado:**

C: 0.08 – 0. 12%

Mn: 0.4 – 0.6%

Si: 0.25%

- **Características:**

Electrodo de tipo celulósico, para soldaduras de penetración. El arco es muy estable, potente y el material depositado de solidificación rápida, fácil aplicación con corriente continua y alterna. Los depósitos son de alta calidad en cualquier posición.

- **Aplicaciones:**

- Soldadura para aceros no templados
- Carpintería metálica
- Estructuras y bastidores para máquinas
- Chapas gruesas y delgadas.

#### 3.4.5.2 Norma AWS: E6013<sup>4</sup>

- **Clasificación AGA: R-10**

Color de revestimiento: Gris claro

Identificación: Punta azul

- **Análisis Del Metal Depositado:**

C: 0.09%

Mn: 0.5%

Si: 0.3%

- **Características:**

Electrodo de tipo butílico diseñado para depositar cordones y filetes de un aspecto excelente y sobresaliente características mecánicas. Es un electrodo de arranque

rápido en frío, de fácil remoción de escoria, que en muchos casos se desprende sola. Gran velocidad de avance y poca pérdida por salpicadura.

- **Aplicaciones:**

- Especialmente carpintería metálica con láminas delgadas, carrocerías, chasis.
- Todo tipo de recipiente sometido o no a presión.
- Calderas.
- Fabricación de puertas y ventanas.

### **3.5 Pintura de protección.**

Para la conservación de la estructura de la cabina y tolva se aplicó dos capas de esmalte martillado de calidad industrial, cada capa de pintura tiene un espesor de 1 milímetro, resultando un espesor total de 2 milímetros.

Se seleccionó el color gris debido a que en el interior de la cabina se necesita reflexión de luz y este color ofrece estas características.

## CAPITULO 4

### DIMENSIONAMIENTO Y COSTOS DE LA CABINA SAND BLASTING

#### 4.1 Objetivo.

El dimensionamiento de la cabina y tolva, forman parte fundamental del sistema Sand Blasting, para esto fueron tomados varios aspectos como el poseer una tolva con una capacidad de almacenamiento suficiente como para trabajar en un tiempo promedio de 15 minutos con un flujo de aire constante y sin recargar la misma, respecto a ergonomía de la cabina, la altura de esta será dimensionada de tal modo que una persona de 1.60m de estatura pueda operar la cabina sin problema alguno.

#### 4.2 Volumen de la tolva.

El volumen de la tolva lo dividimos en dos partes, una parte cilíndrica y otra de forma cónica.

##### 4.2.1 Volumen del cilindro.

De acuerdo a las dimensiones que podemos ver en la figura se calculará el volumen:

$$V = \pi r^2 h$$

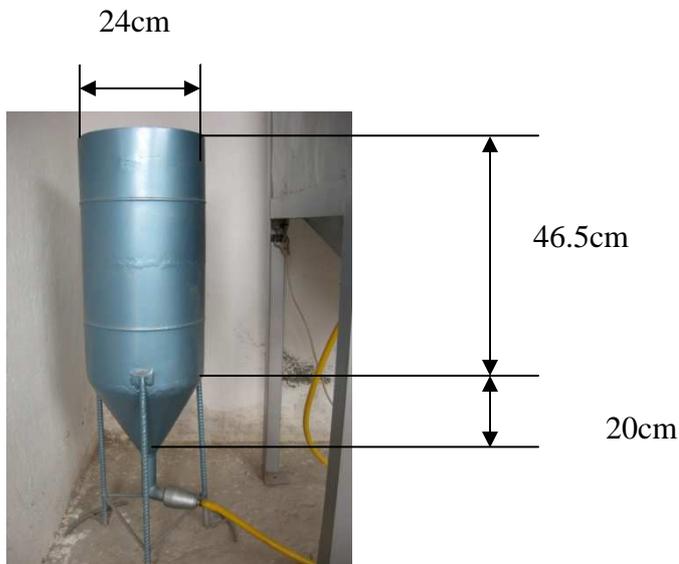
$$V = \pi (12cm)^2 (46.5cm)$$

$$V = 21036.10cm^3$$

En litros:

$$V = 21036.10cm^3 \left( \frac{1lt.}{1000cm^3} \right)$$

$$V = 21.036lt. = 21lt$$



**Figura 4.1 Dimensiones de la Tolva**

#### 4.2.2 Volumen Del Cono

Con los datos de dimensiones del cono de la tolva se procede a calcular su volumen, estos datos se pueden observar en la figura 4.2

$$V = \frac{\pi}{3} r^2 h$$

$$V = \frac{\pi}{3} (12\text{cm})^2 (20\text{cm})$$

$$V = 3015.93\text{cm}^3$$

En litros:

$$V = 3015.93\text{cm}^3 \left( \frac{1\text{lt.}}{1000\text{cm}^3} \right)$$

$$V = 3.015\text{lt.} = 3\text{lt}$$

**VOLUMEN TOTAL DE LA TOLVA:**

$$V_{\text{tolva}} = 21\text{lt} + 3\text{lt}$$

$$V_{\text{tolva}} = 24\text{lt.}$$

#### 4.3 Volumen de la cabina.

La cabina de Sand Blasting está diseñada para realizar trabajos de limpieza superficial a pequeñas probetas con volúmenes que no excedan las 150 libras de peso ya que un peso mayor podría arruinar el soporte o reja para colocar la probeta a limpiar.

El volumen de la cabina ha sido dividido en tres partes para facilitar su cálculo, dos rectangulares y una triangular cuyas dimensiones se detallan a continuación:

$$V = v_1 + v_2 + v_3$$

Las dimensiones de la primera forma rectangular para el cálculo del volumen son:

$$V_1 = 0.50m \times 0.60m \times 0.70m$$

$$V_1 = 0.21 m^3$$

La siguiente forma rectangular y sus dimensiones para el cálculo del volumen son:

$$V_2 = 0.20m \times 0.40m \times 0.70m$$

$$V_2 = 0.056 m^3$$

$$V_3 = \frac{0.20m \times 0.20m \times 0.70m}{2}$$

$$V_3 = 0.014m^3$$

El volumen total de la cabina es la suma de los tres volúmenes calculados anteriormente:

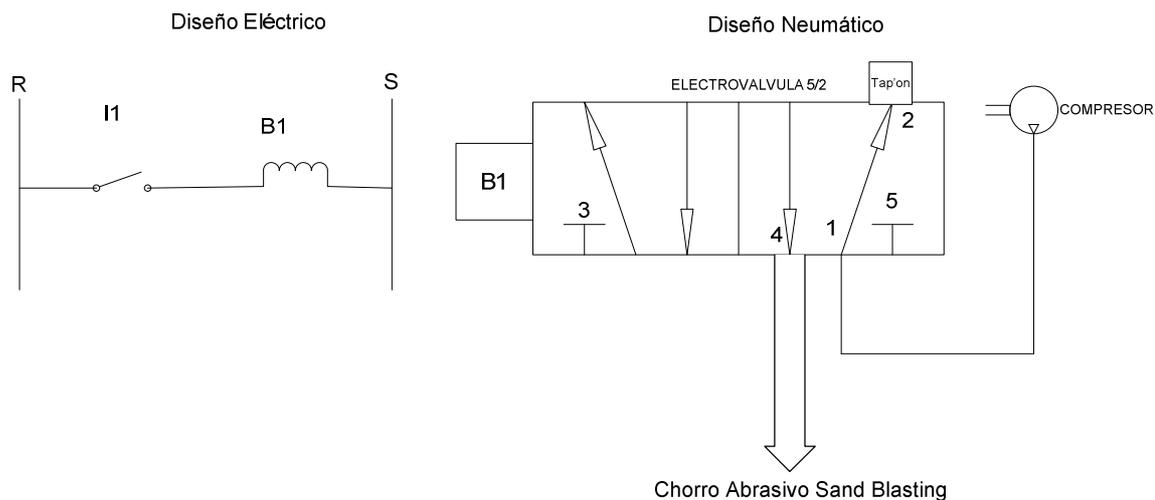
$$V_{cabina} = 0.21m^3 + 0.056m^3 + 0.014m^3$$

$$V_{cabina} = 0.28m^3$$

#### **4.4 Diseño del control de seguridad.**

El siguiente diseño describe el control de la electroválvula que permite el paso de aire solamente si está cerrada la puerta.

Mientras la puerta permanezca cerrada, el fin de carrera mantendrá activada la válvula 5/2, permitiendo así el paso de aire hacia la pistola de aplicación.



**Figura 4.1**Control de electroválvula.

#### 4.5 Dimensiones de la cabina.

Basados en las dimensiones de una mesa de trabajo, la altura de los soportes de la cabina es de 80 cm., la altura total de la cabina es de 1.40m, la parte frontal y lateral tienen 70 cm. de ancho, lo que nos permite introducir objetos con un volumen no mayor a 0.28 m<sup>3</sup> y así tener un buen control de la probeta a ser tratada.

Los orificios se encuentran a 97.5 cm. de la base de la cabina, tienen un diámetro de 14 cm. y una separación entre ellos de 32cm., lo cual facilita que los brazos y antebrazos del operador formen un ángulo de 90° y puedan tener un buen control de la pistola de aplicación y de la probeta a ser tratada.

El visor tiene una inclinación de 135° respecto a la horizontal de la cabina, lo cual nos permite tener una buena apreciación del objeto a tratar.

La parte piramidal invertida tiene un desemboque de 10 cm. de diámetro lo cual permite que se deposite el abrasivo utilizado en el proceso de limpieza y de esta manera poder reutilizar el abrasivo. Las dimensiones de la cabina Sand Blasting y la tolva respectiva se especifican en el anexo 7.

#### 4.6 Costos de la construcción de la cabina sand blasting.

En el montaje y construcción de la cabina sand blasting se utilizaron varios materiales y herramientas que se detallan en la siguiente tabla.

<b>Materiales</b>	<b>cantidad</b>	<b>Costo USD</b>
Plancha de acero de 2.40x1.20m	1	25
Ángulo estructural de 2"x 1/8"	15m	18
Tubo galvanizado de ¾	0.50m	1
Varilla de 3/8	2m	1
Platina 3x6cm	7m	7
Remaches 4x30mm	20	2
Construcción de el acople para la tolva de arena	1	20
Guantes para soldadura	1 par	8
Pistola de arenado	1	12
Pintura(Esmalte al martillo)	1 litro	5,5
Masilla Mustang	1litro	6
Disolvente thiñer	1 galón	4,5
Electrodo 6011,diámetro 3/32	1/2 Kg.	1,5
Electrodo 6011,diámetro 1/8	1Kg	2,5
Electrodo 6013,diámetro 1/8	1/2Kg	2,5
Electro válvula 5/2	1	120
Fin de carrera	1	2
Interruptor simple	1	1,5
Protección para el foco	1	8
Cable gemelo 12 AWG	5m	3
Sellos de caucho	10m	20
Vidrio de 55x24cm., 6mm de espesor	1	3
Acoples de 3/8	3	7
Mangueras para presión	7m	9
Mano de obra	100 horas	140
<b>Total</b>		<b>430</b>

Tabla 4.1 Costos de materiales

Debido a que el modelo de la cabina Sand Blasting es a pequeña escala, el empleo de material es reducido por tanto se abaratan los costos como se observa en la tabla anterior.

#### 4.7 Ensayo de granulometría de arena.

El procedimiento que se aplicó para determinar el tamaño de grano de la arena a utilizar en el procedimiento sand blasting es el método AFS.

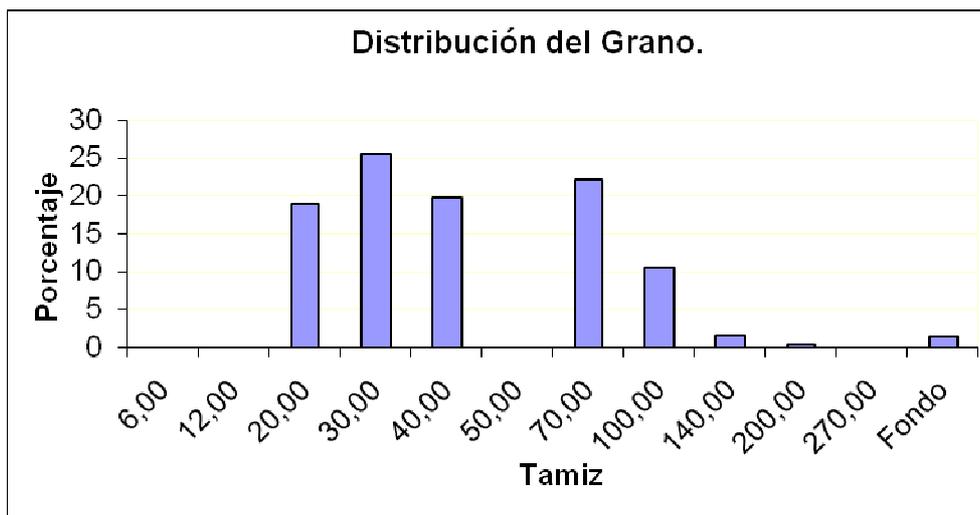
Se toma 50 gramos de arena, se pone en el secador durante 15 minutos, luego se tamiza por 10 minutos, la maquina para tamizar es Testing Sieve Shaker 20097 que se dispone en el laboratorio de Fundición de la facultad de Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

Número	Apertura en (mm )	Factor ( $\alpha$ )
6	3,36	3
12	1,68	5
20	0,84	10
30	0,59	20
40	0,42	30
50	0,29	40
70	0,21	50
100	0,149	70
140	0,105	100
200	0,074	140
270	0,053	200
Fondo		300

Tabla 4.2 Tabla de tamizas

Tamiz	Peso en (gr.)	Porcentaje	Factor ( $\alpha$ )	$\alpha^*\%$
6,00	0,00	0,00	3,00	0,00
12,00	0,00	0,00	5,00	0,00
20,00	9,50	19,00	10,00	190,00
30,00	12,75	25,50	20,00	510,00
40,00	9,85	19,70	30,00	591,00
50,00	0,00	0,00	40,00	0,00
70,00	11,05	22,10	50,00	1105,00
100,00	5,25	10,50	70,00	735,00
140,00	0,85	1,70	100,00	170,00
200,00	0,25	0,50	140,00	70,00
270,00	0,00	0,00	200,00	0,00
Fondo	0,75	1,50	300,00	450,00
		100,50		3821

Tabla 4.3



**Figura 4.2 Distribución del Grano**

<b>Arena</b>	<b>Índice AFS (i)</b>	<b>Tamaño de granos (mm)</b>
Muy gruesa	18	1–2
Gruesa	18 -35	0,5–1
<b>Media</b>	<b>35 - 60</b>	<b>0,25–0,5</b>
Fina	60 - 150	0,10–0,25
Muy fina	150	0,05–0,10

**Tabla 4.4 Tamaño de grano**

$$\text{Índice de finura} = i = \text{AFS} = \frac{\sum(\alpha \times \%)}{\sum \%}$$

$$\text{Índice de finura} = i = \text{AFS} = \frac{3812}{100,50}$$

$$\text{Índice de finura} = i = \text{AFS} = 38,0199005$$

Según tabla anterior es una arena media con un tamaño de grano entre 0,25 – 0,5mm.

## CAPITULO 5

### OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CABINA DE SAND BLASTING.

#### 5.1 Objetivo.

En el presente capítulo se da a conocer un manual de operación para asegurar el correcto funcionamiento de la cabina Sand Blasting y obtener buenos resultados en la limpieza superficial de los materiales, por tanto se definirá a continuación los siguientes parámetros, como es la operación adecuada y el correcto mantenimiento.



Figura 5.1 Cabina sand blasting.

#### 5.1 Operación de la cabina Sand Blasting.

En la operación de limpieza superficial con chorro de arena se debe tomar en cuenta las condiciones que a continuación se detallan.

### 5.2.1 Condiciones del abrasivo (Arena).

De acuerdo al tamaño de la pieza a someter al proceso, se determinará la cantidad estimada de arena.

Es importante que el tamiz se encuentre en su lugar y libre de contaminantes para permitir el paso del abrasivo.

Revisar que las condiciones de humedad de la arena sean las adecuadas, debe estar totalmente seca para evitar obstruir las tuberías, boquilla y también evitar la incidencia en la preparación de la superficie.

En la figura 5.2 se observa dos muestras de las condiciones de la arena, a la derecha arena mojada y a la izquierda arena seca.

Abastecer con suficiente arena la tolva.



Figura 5.2 Muestras de condiciones de la arena.

### 5.2.2 Introducir la probeta en la cabina.

Si se trata de una probeta pequeña se debe colocar la malla adicional a la reja de soporte, como se observa en la figura 5.4, ya que el objeto a tratar puede colarse por las aberturas de la reja principal.

Además se debe verificar el correcto funcionamiento del sistema de iluminación.

Una vez que se ha ingresado la probeta en la cabina se debe cerrar la puerta de manera adecuada, esto es atornillando los pernos de seguridad de la puerta.

Un claro ejemplo de esto se observa en la siguiente figura 5.3.



**Figura 5.3 Pernos de sujeción de la puerta.**

En la figura 5.4 se muestra la malla para limpieza de probetas pequeñas.



Malla para  
limpieza de  
probetas  
pequeñas

**Figura 5.4 Colocación de malla para limpieza de probetas pequeñas**

### **5.2.3 Revisión de cañerías y presión de suministro de aire comprimido.**

Verificar el estado de las conexiones tanto de aire como suministro de arena y el ducto de recolección del abrasivo utilizado.

En caso de disponer de un compresor de tanque, se debe purgar ya que en su interior se produce condensaciones de agua, lo cual afecta a la calidad del aire comprimido para el proceso.

De disponer de un filtro secador para el aire comprimido, verificar su estado de funcionamiento.

En la unidad de mantenimiento del compresor, seleccionar el nivel de presión adecuado para el trabajo, el cual debe estar fijado entre  $7\text{Kg}/\text{cm}^2$  (100PSI) y  $9.2\text{Kg}/\text{cm}^2$  (130PSI).

#### **5.2.4 Selección de calidad de limpieza.**

De acuerdo al grado de corrosión de la probeta a someter al proceso de limpieza y dependiendo del grado de limpieza requerido, seleccionar el patrón visual de acuerdo a la norma SSPC, Anexo 5.

La figura que se muestra a continuación fue sometida a chorro abrasivo con arena alcanzando un grado de limpieza SP 6 de acuerdo a la norma SSPC.



**Figura 5.5** Probeta sometida a chorro abrasivo de arena.

Al finalizar la limpieza de la probeta se debe esperar un tiempo prudencial hasta que se disipe el polvo generado por la limpieza.

#### **5.2.5 Aplicación del Sand Blasting en la limpieza superficial de un tubo de acero.**

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación del sistema Sand Blasting con un equipo de presión en un tubo de 50 centímetros de diámetro que se desea pintar.

##### **5.2.5.1 Preparación de superficie**

La superficie exterior de la tubería será chorreada con arena o granalla de acero, con las siguientes precauciones y grado de acabado.

##### **5.2.5.2 Limpieza inicial del tubo.**

La superficie del tubo a chorrear debe estar limpia de acumulaciones de asfalto, grasa o aceite adheridos a ella, que deberán eliminarse previamente con un disolvente apropiado (White Spirit o similar).

### 5.2.5.3 Condiciones de la arena o granalla.

La arena o granalla deben estar completamente secas. No es utilizable la arena procedente de playa, si no es después de un perfecto lavado.

La granulometría recomendada está comprendida entre los tamices números 16 y 45 (Diámetros de la arena de 1,19 y 0,35 mm. respectivamente).

### 5.2.5.4 Condiciones del aire comprimido.

El aire a presión debe ser purificado a la salida del compresor para evitar la presencia de humedad y de aceite lubricante procedente respectivamente del ambiente y del propio compresor.

La operación de chorreado será suspendida si la humedad ambiente supera el 85%.

### 5.2.5.5 Grado de acabado de la superficie.

El grado de acabado, de acuerdo con Svensk Standars SIS 05 59 00 será el correspondiente a Sa 2 y en la norma SSPC, el grado de limpieza equivalente en esta norma es SP 6.

### 5.2.5.6 Limpieza final del tubo.

A continuación se limpiará la superficie de polvo y restos del tratamiento anterior con aire seco a presión.



Figura 5.7 Estado de tubería antes de ser limpiada



Figura 5.8 Tubería después de aplicar limpieza sobre una parte de ella.

## **5.2 Mantenimiento del equipo sand blasting.**

Para un mejor mantenimiento del equipo se debe tomar en cuenta las condiciones que a continuación se detallan.

### **5.3.1 Desgaste de paredes de la cabina sand blasting por impacto del abrasivo.**

Dependiendo de la utilización de la cabina puede presentarse un desgaste las partes internas de la misma como reja, guantes, pistola de aplicación, boquilla y paredes que se encuentran expuestas indirectamente al impacto del chorro abrasivo.



**Figura 5.7 Partes internas de la cabina expuestas a desgaste.**

Por tanto se debe hacer una inspección de todas estas partes periódicamente a fin de establecer su límite de desgaste.

### **5.3.2 Cauchos de la puerta de la cabina sand blasting.**

Realizar una revisión periódica de los cauchos en los bordes de la cabina ya que con el tiempo pueden deteriorarse y producir fugas del polvo de arena, lo cual puede ser perjudicial para la salud de las personas que operan el equipo.



**Figura 5.8 Cauchos de la puerta de la cabina**

### **5.3.3 Sistema eléctrico.**

Realizar un mantenimiento preventivo al transformador que activa la electroválvula e igualmente del fin de carrera que permite el paso de aire hacia la electroválvula y proceder a realizar el reemplazo de otros elementos como enchufe, cables o iluminación cuando estos se hayan averiado.

También revisar el correcto funcionamiento de la electroválvula.

### **5.3.4 Limpieza de la cabina.**

De acuerdo a la frecuencia de utilización de la cabina y el uso de arena como abrasivo se producirá una cantidad de polvo la cual recubrirá partes internas de la cabina, para lo cual se recomienda realizar una limpieza periódica de todo el equipo, especialmente del visor y la carcasa del foco. Para realizar esta limpieza se debe utilizar protección respiratoria y visual.

### **5.3.5 Cambio de visor al interior de la cabina.**

Cuando la visión a través del vidrio del visor no sea clara se debe proceder a cambiar el vidrio. Cabe mencionar que no se debe aplicar el chorro abrasivo directamente sobre el vidrio, ya que otra aplicación del Sand Blasting es realizar grabados sobre vidrio.

### **5.3.6 Estructura.**

Debido al impacto del chorro abrasivo se producirá un deterioro de la pintura al interior de la cabina y mediante una inspección visual se puede determinar si es necesario nuevamente la aplicación de pintura tanto al interior como al exterior de la cabina, además se debe evitar que la cabina sea posicionada en lugares húmedos.

## **5.3 Formato general para inspección H&S de equipos Sand Blasting.**

Mediante el siguiente formato se podrá llevar un mejor mantenimiento del equipo, salud y protección del operador.

FORMATO GENERAL PARA INSPECCIÓN H&S EQUIPOS DE SANDBLASTING.					
EMPRESA		FECHA			
DESCRIPCIÓN Y CODIGO EQUIPO					
EQUIPOS Y ACCESORIOS					
I	COMPRESOR DE AIRE (granallado / Sand Blasting / pintura)	B	ME	NA	OBSERVACIONES
1	Registro de mantenimiento, manuales / catálogos				
2	Carcasas, estructuras, guardas de seguridad.				
3	Estado sistema de alarmas Compresor Línea aire alta presión				
4	Calificado para área de riesgo a trabajar.				
5	Válvulas de purga de aire filtros				
6	Válvulas de purga de aire compresor				
7	Estado de Acoples, vinchas, cintas seguridad				
8	Manómetros / calibraciones de presión generación de aire.				
9	Tanques combustible, estado, integridad, aseguramiento.				
10	Señalización preventiva emergencias				
11	Estado / Aislamiento sistemas eléctricos				
12	Operador calificado, entrenado, conocimiento equipo a operar.				
13	Bases de soporte para movilizadas.				
14	Extintores, listados certificados.				
II	<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE</b>				
15	Acoples y seguros líneas de entrada de aire.				
16	Válvula control de salida de aire.				
17	Acoples para salida de aire.				
18	Dispositivo para drenaje de agua.				
III	<b>TOLVA - PIPA / ALMACENAMIENTO DE GRANALLA.</b>				
19	Acople manguera de descarga de granalla				
20	Conexiones / mangueras: certificaciones, estado de uso.				
21	Acople de boquilla.				
22	Estado de boquilla.				
23	Estado de seguros para acoples y mangueras.				
IV	<b>SISTEMA ALIMENTACIÓN DE AIRE</b>				
24	Compresor de aire, certificación, mantenimiento, manuales.				
25	Acoples y seguros adecuados.				
26	Filtro para retención de humedad.				
27	Sistema de lubricación				
28	Válvula para control de flujo de aire.				
29	Estado de mangueras				
V	<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL ( EPP)</b>				
30	Estado del visor.				
31	Operador calificado / entrenado / certificado / experiencia.				
32	Ropa trabajo operador / overol aprobados.				
33	Calzado de seguridad ( Botas de cuero caña alta)				
34	Guantes manga larga				
35	Protección auditiva.				
	<b>INSPECCIONADO POR: Nombre y firma</b>				<b>APROBADO POR: Nombre y firma</b>

REFERENCIAS: B=Bien ME= Mal Estado NA=No Aplica Marque con X en el casillero correspondiente.

NOTA.- Este formato aplica para las condiciones generales que deben cumplirse pre aprobación de inicio de tareas en temas relacionados a H&S (Higiene y Seguridad).

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

- Cuando la probeta a ser tratada presente condiciones mínimas de aceites y grasas, el chorro abrasivo las podrá remover sin antes aplicar limpieza manual sobre la probeta.
- El abrasivo aplicado puede ser reutilizado, en condiciones ideales la arena se podrá hacer un reciclaje máximo de tres veces, ya que un alto porcentaje de quiebre de las aristas del grano disminuye bruscamente el rendimiento y aumenta la cantidad de polvo.
- Con respecto a la calidad, la arena debe estar seca, ya que esta absorbe bastante humedad, provocando la obstrucción en las mangueras y boquilla.
- Siempre se debe contar con el equipo de protección adecuado como protección auditiva y gafas de seguridad para evitar problemas de salud.
- Se cumplió con el objetivo propuesto, la calidad de limpieza sobre las probetas estuvo apegada a las normas SSPC lo cual nos garantiza un trabajo de alta eficiencia.
- Se demostró que se puede ejecutar proyectos como el de la construcción y ensamblaje de un sistema Sand Blasting con tecnología que se encuentra a nuestro alcance y reduciendo costos utilizando materiales reciclados.
- Con la construcción de este sistema Sand Blasting se implementó un equipo para el laboratorio de la Escuela Politécnica que permite dejar a un lado el uso de implementos manuales y evitar esfuerzos innecesarios, mejorando la calidad de limpieza superficial de probetas u objetos y reduciendo tiempo de limpieza.

## **RECOMENDACIONES.**

- La tubería que suministra el aire comprimido a la instalación debe ser revisada en caso de haber una fuga de aire o también cuando se deteriore por las partículas de oxido que se transportan por la misma.
- La estructura de la cabina que está próxima al chorro abrasivo debe ser revisada, especialmente la reja de soporte de las probetas debido a su constante desgaste ya que por operación tienen naturaleza autodestructiva.
- Se recomienda colocar sobre la reja de la cabina un objeto de peso inferior a 150Lbs ya que un peso superior puede arruinar la misma.
- Al momento de reciclar la arena utilizada en el proceso esta no debe contaminarse con agua u otros agentes que no permitan la fácil absorción por el sistema.
- En caso de que la superficie se haya limpiado con fines de ser pintada, esta no debe ser tocada con las manos ya que acelera el proceso de oxidación sobre la superficie a pintar y la grasa de las manos no permite la adherencia de la pintura.
- En condiciones normales de humedad y temperatura, el intervalo máximo entre la limpieza y la aplicación de pintura no podrá exceder de 6 horas.
- En cordones de soldadura se debe tener cuidados especiales en la limpieza de éstos ya que por su naturaleza tienen acentuada porosidad.
- La arena o cualquier abrasivo deben estar en estado completamente seco.
- En caso que la superficie se presente excesivamente cubierta de escamas de oxidación, la limpieza debe ser auxiliada para la remoción de las escamas con herramientas de impacto o mecánica.
- Al momento de retirar el objeto a limpiarse se debe esperar que el polvo producido por la arena se asiente o si se cuenta con equipo especial se podrá retirar sin problema alguno.
- Es preferible utilizar granallas de acero ya que puede ser reutilizada más veces que la de arena, lo cual con el tiempo nos favorece en costo beneficio.
- En sistemas Sand Blasting a campo abierto, la utilización de arena como

abrasivo sin tener la protección adecuada, el operador puede resultar con altos riesgos de salud o enfermedades pulmonares como lo es la silicosis la cual se detalla con más profundidad en el Anexo 6.

- Con la utilización de granalla metálica no exponemos al operador a riesgos de salud.
- En caso de que el sistema Sand Blasting sea utilizado a campo abierto se debería usar equipos especiales los cuales pueden ser revisados en el Esquema referencial de un equipo básico para Sand Blasting en la página 30. Este esquema debería ser utilizado frecuentemente para de esta manera tener un mayor control y mantenimiento del sistema.
- El sistema Sand Blasting dará buenos resultados utilizando un compresor con una potencia mínima de 4Hp.
- No aplicar el chorro abrasivo directamente sobre el vidrio, ya que otra aplicación del Sand Blasting es realizar grabados sobre vidrio.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS EMPLEADOS.<sup>6</sup>

- **Abrasivo:** Material duro que se usa para desgastar o pulir.
- **Adyacente:** situado en la inmediación o proximidad de otra cosa.
- **Agentes:** Medio que facilita realizar una acción determinada.
- **Aleación:** Mezcla de un material con otro u otros y con elementos no metálicos
- **Corrosión:** Acción y efecto de corroer o corroerse. Ataque superficial de los metales por los agentes atmosféricos.
- **Corroer:** Desgastar lentamente una cosa como royéndola.
- **Disipador de carga:** son elementos que absorben las cargas eléctricas generadas en este caso por el impacto del chorro abrasivo.
- **Electrolito:** sustancia que disuelta en agua hace que la disolución sea conductora de electricidad.
- **Electrólisis:** Descomposición de una sustancia por medio de la corriente eléctrica.
- **Eyector:** Aparato destinado a evacuar un fluido por arrastre con otro de mayor velocidad, mediante dos toberas concéntricas.
- **Fatiga:** Término que expresa los cambios en las propiedades de una sustancia que ha sido sometida a un esfuerzo molecular estructural. Desgaste de los metales que los expone a rotura debido a la reducción gradual de sus propiedades.
- **Inhibidor:** sustancia capaz de eliminar o reducir la corrosión y la oxidación de un metal. Sustancia capaz de evitar o atenuar la velocidad de una reacción.
- **Laminación:** Método para obtener planchas, chapas y perfiles metálicos, haciendo pasar el metal entre dos cilindros matrices.
- **Oxido:** Producto que resulta de la combinación del oxígeno con un metal.
- **Oxidación:** Acción y efecto de oxidar. Se aplica a toda reacción química que implica una disminución de electrones, aunque el agente causante no sea el oxígeno.

- **Punto de rocío:** Temperatura para la cual la presión parcial, la humedad en el aire es igual a la presión del vapor de agua.
- **Potencial:** Energía mínima necesaria para hacer saltar un electrón desde una órbita normal a la inmediata superior.
- **Potencial de ionización:** Energía necesaria para separar un electrón de un átomo.
- **Tamiz:** Cedazo de malla tupida, usado para separar las partes menudas de las gruesas de un masa polvorienta.
- **Rocío:** condensación de vapor de agua originada cuando este se halla en contacto con una superficie más fría.
- **SSPC:** Steel Structures Painting Council.
- **SIS:** Swedish Standards Institution.
- **OSHA:** Occupational Safety and Health Administration.
- **H&S:** Health and Safety

## BIBLIOGRAFÍA

1. Erazo Miguel (1989). Seminario de Corrosión. EPN
2. Claudio Mataix (1970). Mecánica de Fluidos. Editorial HARLA S.A.
3. Henry Horwitz, P.E (1992), Enciclopedia de la Soldadura, Tomo 1. Editorial Presencia.
4. AGA .Catálogo de Electrodo comunes, especiales y Gases para corte y Soldadura Manual de Soldadura.
5. Ingeniería de Diseño de P. Orlov,
6. Océano Uno, Diccionario enciclopédico
7. [http://www. ALNICOLSA del Perú S.A.C.com](http://www.ALNICOLSA del Perú S.A.C.com)
8. SSPC (2002). Publication N°.02-12. GUIDE AND REFERENCES PHOTOGRAPHS FOR STEEL SURFACES PREPARED BY DRY ABRASIVE BLAST CLEANING
9. Silicosis (August 2003). Produced by the University of California, Los Angeles, Labor Occupational Safety and Health (LOSH).
10. Messer Griesheim(1998). Catálogo de Electrodo Especiales para la soldadura de Mantenimiento y de Reparaciones.
11. Apuntes (2006). Tratamientos Superficiales. EPN
12. Hans Appold (1989). Tecnología de los Metales. Editorial Reverté, S.A.
13. <http://www.islaindustrial.com>
14. <http://www.cmy.com.ar>
15. <http://www.rosler.com>.
16. <http://www.pometon.net>
17. <http://www.sspc.org>.
18. <http://www.columbec.com>
19. <http://www.clemcoindustries.com>

## ANEXO 1

### TIPOS DE GRANALLA DE ACERO<sup>16</sup>

#### **Granalla de acero de alto carbono poliédrica.**

**La granalla de acero de alto carbono**, obtenida mediante atomización del metal fundido seguida de un tratamiento térmico, elaboración mecánica y selección granulométrica.

**Forma:** angular

**Características principales:** Se trata de una mezcla compuesta por granalla de acero de alto carbono con un 50% de partículas esféricas y un 50% de partículas poliédricas.

Los límites granulométricos son los mismos que rigen para la granalla esférica estándar. La dureza está concentrada entre **42 y 48 HRC**, si bien una vez iniciado el ciclo de trabajo dentro de la granalladora, esta se verá incrementada a causa de los esfuerzos mecánicos a los que se someten las partículas.

**Ventajas del uso de granalla poliédrica:** Comparada con el uso de la granalla esférica estándar, se observa una mejora en el aspecto del acabado puesto que confiere un color más claro y brillante a la superficie que se trata.

**El pulido superficial** se muestra homogéneo y más eficaz respecto al que se obtiene con una granalla convencional, favoreciendo el rendimiento de posibles tratamientos superficiales posteriores.

**La rugosidad** obtenida no sufre ninguna variación apreciable respecto al que se obtendría mediante el uso de granalla estándar.

En términos generales, la operación de granallado con granalla poliédrica genera una **menor cantidad de polvo** debido a su estructura metalográfica y a su geometría, las cuales le proporcionan un notable **incremento en el rendimiento**.

Por lo que se refiere al desgaste de la máquina de granallado, la presencia de partículas poliédricas (de origen angular) no incrementa el gasto de mantenimiento ni reduce la duración de los componentes de la máquina, debido a sus características de dureza y geometría controladas.

En piezas que poseen roscas u otras cavidades asimilables, se ha constatado una ventaja adicional dado que, por su particular geometría, la granalla no queda adherida en la pieza, simplificando las operaciones de limpieza posterior.

### **Granalla de fundición.**

**La granalla de fundición**, obtenida por atomización del metal fundido seguida de una selección granulométrica y un tratamiento mecánico.

**Forma:** Esférica o angular

La granalla de Hierro Fundido angular se usa principalmente en instalaciones de aire comprimido para la limpieza de elementos estructurales de acero y en la preparación de superficies previa a su barnizado.

La granalla angular produce un efecto brillante y una rugosidad superficial óptima para posteriores recubrimientos superficiales. La granalla esférica se usa principalmente para aumentar la densidad del cemento y los lastres.

### **Granalla de acero para shot peening<sup>16</sup>.**

La granalla de Acero de Alto Carbono para el tratamiento de Shot Peening se obtiene mediante la atomización de material fundido. El material recibe posteriormente un tratamiento térmico, es procesado mecánicamente, y clasificado según su especificación.

Aplicaciones: Tratamiento de distensión de materiales mediante impacto controlado de las partículas sobre la superficie.

#### **Composición química**

<b>ELEMENTO</b>	<b>Mínimo (%)</b>	<b>Máximo (%)</b>
Carbono	0,80	1,20
Manganeso	(*)	1,20
Silicio	0,40	1,50
Fósforo	-	0,05
Azufre	-	0,05

(\*) Para tipos entre AS\*-70 y AS\*-130: 0,35 %

Para tipos entre AS\*-170 y AS\*-190: 0,50 %

Para tipos entre AS\*-230 y AS\*-930: 0,60 %

### **La primera granalla de acero para el aserrado de granito.<sup>16</sup>**

**Granalla de acero de alto carbono**, obtenida mediante atomización del metal fundido seguida de un tratamiento térmico, elaboración mecánica, tratamiento de distensión, y selección granulométrica.

**Forma:** angular, o angular con adición de hasta el 15% de partículas esféricas.

### **Granalla de acero inoxidable al cromo.**

**Granalla de acero inoxidable**, martensítica al **Cromo**, obtenida por atomización de acero inoxidable fundido, selección granulométrica y tratamiento mecánico.

**Forma:** esferoidal irregular.

La granalla **Graninox** se usa para la limpieza (granallado) en todos aquellos casos en los que se desea evitar la presencia de residuos férricos que puedan dar lugar a manchas de óxido o coloraciones indeseadas. Sustituye ventajosamente al Aluminio y a otras granallas no aceradas al permitir mayor rendimiento y rapidez de proceso, y no provocar desgastes excesivos en las máquinas como en el caso del corindón. Por lo tanto se usa en fundiciones de aluminio, fundiciones de cobre y sus aleaciones, en talleres de construcción de estructuras de acero inoxidable, en las siderurgias del acero inoxidable, y también en casos especiales de aserraderos de mármol.

**Color:** Gris oscuro brillante.

### **Granalla de acero inoxidable al cromo-níquel.**

**La granalla de acero inoxidable**, austenítica al **Cromo-Níquel**, obtenida por atomización de acero inoxidable fundido, selección granulométrica y tratamiento mecánico.

**Forma:** Redondeada o globular.

**Color:** Gris claro plateado.

### **Granallas de acero inoxidable aditivas.**

**Aplicaciones:** Las granallas de acero inoxidable STARMIX han sido concebidas para dar una nueva dimensión al proceso de granallado tradicional. Combinando el poder abrasivo de las ya clásicas granallas GRANINOX de Cromo y Cromo-

Níquel con la incorporación de determinados aditivos en las proporciones y granulometrías apropiadas se obtienen unos mejores acabados en comparación con los habituales.

Las piezas de Acero Inoxidable, Aluminio, Bronce, Latón, u otros metales férricos o no-férricos, tratadas con STARMIX cobran un aspecto totalmente diferente al de las piezas granalladas con los productos tradicionales: los complementos incorporados a las granallas transfieren a las piezas una capa de protección adicional a la vez que permiten nuevos efectos cromáticos y luminosos y resaltan, además, los colores naturales de los materiales.

En este sentido, por ejemplo, los resultados obtenidos por las STARMIX B con piezas sucias de grasa son espectaculares por cuanto, adicionalmente a lo citado, tienen una gran capacidad de absorción y combinan la limpieza y el granallado de la pieza en una sola operación, con el consecuente ahorro de costes y tiempo de proceso.

**Ventajas:**

- Disminuyen el riesgo de corrosión de las superficies tratadas,
- Proporcionan una mayor brillantez y un mejor aspecto superficial de las piezas granalladas,
- Reducen la generación de polvo durante los procesos de granallado,
- Protegen a las piezas granalladas,
- Provocan nuevos efectos cromáticos y luminosos,
- Resaltan los colores naturales de los materiales,
- Absorben la grasa y la humedad de las piezas tratadas (tipo b),
- Combinan la limpieza y el granallado de las piezas simultáneamente,
- Ahorran costes y tiempo de proceso.

## **Granalla de acero de medio carbono<sup>16</sup>.**

**Granalla de acero de medio carbono**, obtenida mediante atomización por agua del metal fundido seguida de un tratamiento térmico y mecánico, y por una selección granulométrica.

La granalla de Acero de Medio Carbono **DURASTEEL** se usa principalmente en diversos sectores metal mecánicos tales como fundiciones, forjas, aeronáutica o fabricación de elementos estructurales de acero.

**Forma:** esférica.

### **Ventajas:**

- Mayor poder de limpieza
- Menor desgaste de la granalladora
- Menor generación de polvo
- Reducción del tiempo de granallado
- Reducción de coste del proceso
- Calidad de producto homogénea
- Mayor esfericidad
- Acabado más brillante

## ANEXO 2

### TABLA DE TAMISES<sup>7</sup>

<b>Tyler Standard Screen Scale</b>			
<b>Mesh (malla)</b>	<b>Micrones (<math>\mu</math>)</b>	<b>Milímetro (mm)</b>	<b>Pulgadas (inch)</b>
<b>400</b>	<b>33</b>	<b>0.033</b>	<b>0.0012992</b>
325	43	0.043	0.0016929
270	53	0.053	0.0020866
250	61	0.061	0.0024016
<b>200</b>	<b>74</b>	<b>0.074</b>	<b>0.0029134</b>
170	88	0.088	0.0034646
150	104	0.104	0.0040945
115	121	0.121	0.0047638
100	147	0.147	0.0057874
<b>80</b>	<b>173</b>	<b>0.173</b>	<b>0.0068110</b>
65	208	0.208	0.0081890
60	246	0.246	0.0096850
48	295	0.295	0.0116142
42	351	0.351	0.0138189
35	417	0.417	0.0164173
<b>32</b>	<b>495</b>	<b>0.495</b>	<b>0.0194882</b>
28	589	0.589	0.0231890
24	701	0.701	0.0275984
<b>20</b>	<b>833</b>	<b>0.833</b>	<b>0.0327953</b>
<b>16</b>	<b>991</b>	<b>0.991</b>	<b>0.0390160</b>
<b>14</b>	<b>1168</b>	<b>1.168</b>	<b>0.0459843</b>
<b>12</b>	<b>1397</b>	<b>1.397</b>	<b>0.0550000</b>
<b>10</b>	<b>1651</b>	<b>1.651</b>	<b>0.0650000</b>
9	1981	1.981	0.0779921
8	2362	2.362	0.0929921
7	2794	2.794	0.1100000
6	3327	3.327	0.1309843
5	3962	3.962	0.1559843
4	4699	4.699	0.1838543
3.5	5613	5.613	0.2209843
3	6680	6.680	0.2629921
2.5	7925	7.925	0.3120079

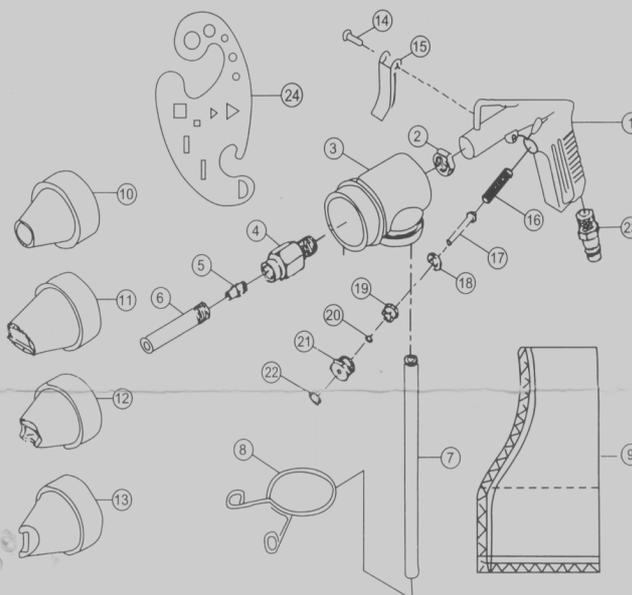
### ANEXO 3 TAMAÑO DE LA ARENA

<b>ESCALA GRANULOMÉTRICA PARA SEDIMENTOS</b>			
U.S.Malla	Milímetros	Micrones	Escala Wentworth
10	2.00		Arena muy Gruesa
12	1.68		
14	1.41		
16	1.19		
18	1.00		Arena Gruesa
20	0.84		
25	0.71		
30	0.59		
35	0.50	500	Arena Mediana
40	0.42	420	
45	0.35	350	
50	0.30	300	
60	0.25	250	
70	0.210	210	Arena Fina
80	0.177	177	
100	0.149	149	
120	0.125	125	
140	0.105	105	Arena muy Fina
170	0.088	88	
200	0.074	74	
230	0.0625	62.5	

## ANEXO 4

### CARACTERÍSTICAS DE LA PISTOLA UTILIZADA EN EL SISTEMA SAND BLASTING.

AIR PRESSURE REQUIRED	45PSI~130PSI
AIR CONSUMPTION	350L/Min
OPERATION INSTRUCTION	This sandblast gun is mainly used for springing silica sand, glass pellets, plastic pellets, mini metal sand and surface treatment of goods.



INDEX NO.	PART NO.	DESCRIPTION	NO. REQ'D
1	95101	Handle	1
2	95102	Nut	1
3	95103	Body	1
4	95104	Stationary Seat	1
5	95105	Air Nozzle	1
6	95106	Guide Pipe	1
7	95107	Hose	1
8	95108	Clamp	1
9	95109	Bag	1
10	95110	Surface Spot Nozzle	1
11	95111	Panel Spot Nozzle	1
12	95112	Outside Corner Nozzle	1

INDEX NO.	PART NO.	DESCRIPTION	NO. REQ'D
13	95113	Inside Corner Nozzle	1
14	95114	Rivet	1
15	95115	Trigger	1
16	95116	Spring	1
17	95117	Valve Stem	1
18	95118	Rubber Washer	1
19	95119	Valve Bushing	1
20	95120	"O"Ring	1
21	95121	Lock Nut	1
22	95122	"O"Ring	1
23	95123	Air Inlet	1
24	95124	Template	1

## **ANEXO 5**

**GUIDE AND REFERENCES PHOTOGRAPHS FOR STEEL  
SURFACES PREPARED BY DRY ABRASIVE BLAST  
CLEANING<sup>8</sup>.**

**SSPC VIS – 1**

























































## **ANEXO 6**

### **SILICOSIS.**

La **silicosis** consiste en la fibrosis nodular de los pulmones y la dificultad para respirar causadas por la inhalación prolongada de compuestos químicos que contienen sílice cristalina. Con frecuencia produce la muerte, causada por respirar polvo que contiene partículas muy pequeñas de sílice cristalina. La exposición a sílice cristalina se puede presentar durante la minería, metalurgia, industria relacionada con químicos, pinturas, cerámicas, mármol, vidrieras y con menor frecuencia las industrias de filtros, aisladores, pulimentos, tuberías, termoaislantes, construcción y mampostería. Actividades como cortar, romper, aplastar, perforar, triturar o cuando se efectúa la limpieza abrasiva de estos materiales pueden producir el polvo fino de la sílice. También puede estar en la tierra, en el mortero, en el yeso y en las ripias. Las partículas muy pequeñas de polvo de sílice pueden estar en el aire que se respira y quedar atrapadas en los pulmones.

Las partículas y fibras más pequeñas son las más peligrosas dado que son las que pueden alcanzar los bronquios, generalmente se considera que este tamaño por debajo del cual se presenta el riesgo de sufrir silicosis se da para partículas inferiores a las 5 micras. A medida que el polvo se acumula en sus pulmones, éstos sufren daños y se hace más difícil respirar con el paso de los años.

A nivel celular, la exposición al polvo de sílice genera el rompimiento de orgánulos celulares llamados Lisosomas, los cuales contienen numerosas enzimas que degradan componentes tanto internos (orgánulos deteriorados) como externos (proteínas captadas desde el exterior por endocitosis, por ejemplo). Estas enzimas se depositan en los pulmones, causando importantes daños en ellos.



## **Tipos de silicosis.**

Existen tres tipos de silicosis:

1. **Silicosis crónica:** Por lo general se presenta después de 10 años de contacto con niveles bajos de sílice cristalina. Éste es el tipo más común de silicosis. Se veía especialmente en los mineros.
2. **Silicosis acelerada:** Resulta del contacto con niveles más altos de sílice cristalina y se presenta 5 a 10 años después del contacto.
3. **Silicosis aguda:** Puede presentarse después de solo semanas o meses de estar en contacto con niveles muy altos de sílice cristalina. La muerte ocurre a los pocos meses. Los pulmones se ahogan en su propio fluido.

## **Cuáles son los síntomas de la silicosis.<sup>9</sup>**

Los síntomas de la silicosis son:

- Dificultad al respirar cuando Usted hace un esfuerzo físico. Este síntoma puede tornarse severo, especialmente en el caso de silicosis aguda
- Pérdida de peso
- Fatiga
- Pérdida de apetito
- Tos crónica

- Fiebre

Es posible que los síntomas no aparezcan en la fase inicial.

La silicosis se confunde frecuentemente con neumonía, tuberculosis y/o edema pulmonar.

### **Cuál es el tratamiento para la silicosis**

Ya que la silicosis es incurable e irreversible, su tratamiento es principalmente ayuda contra los síntomas: oxígeno y esteroides para ayudar a las personas a respirar, medicinas contra el dolor, y medicamentos experimentales para disminuir la inflamación. Para los pacientes de silicosis en estado muy avanzado, un trasplante de pulmón podría ser la única manera de prolongar sus vidas.

### **Se puede evitar la silicosis**

Sí, la silicosis se puede prevenir si se da la debida información y si se usan medidas preventivas adecuadas.

### **Qué pueden hacer el empleador para prevenir la silicosis**

- Realizar controles del aire en el lugar de trabajo para medir la exposición del trabajador a la sílice cristalina.
- Minimizar las exposiciones controlando y evitando que partículas floten en el aire, por ejemplo, perforación
- húmeda, ventilación con escape local, etc.
- De ser posible, eliminar la sílice, reemplazándola con materiales más seguros.
- Proveer ropa protectora, respiradores (de acuerdo al Estándar de Protección Respiratoria de OSHA), y facilidades para lavarse (duchas) y cambiarse de ropa.
- Proveer información a los trabajadores sobre los peligros que causa la sílice cristalina, la silicosis y sus efectos a la salud.
- Ofrecer entrenamiento en prácticas de trabajo y uso adecuado del equipo protector.

- Poner avisos para prevenir a los trabajadores sobre los peligros. Por ejemplo, poner etiquetas a los productos que contienen sílice, poner un letrero a las máquinas indicando que se está usando sílice. El empleador debe poner las Hojas Informativas sobre la Seguridad de Materiales a disposición de los trabajadores.
- Proveer exámenes médicos a todos los trabajadores expuestos a la sílice cristalina; el examen debe incluir un cuestionario sobre problemas respiratorios (trabajos anteriores y actuales, pasatiempos, etc. donde puede haber estado expuesto a la sílice), examen de la función de los pulmones, radiografías del pecho, y evaluaciones anuales de tuberculosis.
- Reportar todos los casos de silicosis al departamento estatal de salud o a OSHA.
- Establecer la cantidad máxima de sílice cristalina a la que los trabajadores pueden estar expuestos en un turno de 8 horas.

### **Qué puede hacer Usted para prevenir la silicosis**

- Evite una exposición innecesaria al polvo de sílice manteniendo una buena higiene personal:
- Lave sus manos y cara antes de comer, beber, ir al baño, fumar o ponerse maquillaje.
- No coma o beba, fume, o se ponga maquillaje en áreas donde se usa la sílice cristalina.
- Use ropa protectora y respiradores de acuerdo al Estándar de Protección Respiratoria de OSHA. Recuerde que las máscaras de papel no son adecuadas para protegerlo de la sílice cristalina que está flotando en el aire. Los respiradores tienen que ajustarse a su cara. (Evite tener barbas o bigotes).
- Antes de salir del trabajo, dúchese y vístase con ropa limpia, para así evitar contaminar su carro y/o su casa. Deje sus ropas con polvo en el trabajo.
- No fume El cigarro y la silicosis son una combinación fatal.
- Sí, la silicosis se puede prevenir si se da la debida información y si se usan medidas preventivas adecuadas.

**ANEXO 7**  
**PLANOS DE LA CABINA SAND BLASTING.**

LISTA DE MATERIALES					
NO.	TIPO	AM(mm)	DESCRIPCION	PESO	CANTID
1	PERFIL	50x50x3	ANILLO L 20X 1/8 ESTRUCTURAL ASTM A50	1.60 lb x pie	15000 mm
2	TIPO	1200x2400	PLANCHA FOLIA DE ACERO AL CARBONO	2.40 libras/m <sup>2</sup>	1 PLANCHA
3	VERDO	600x150x6	VERDO CLARO ESPESOR 6mm		1
4	PAINTURA	N/A	ESMALTE MATELADO DOLOR OHS, CONDOR		1 LT
5	JUNTA	4 mm	REMACHES DE ALUMINO DE 4x16 mm		50 UNID
6	SOLD	1/8 pulg	ELECTRODO E-6015, AGA	3 KG	3 KG

DETALLE DE JUNTA A TOPE

MATERIAL		CANTIDAD		UNIDAD		VALOR		TOTAL	
NO.	DESCRIPCION	NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR
1	PERFIL	1	ANILLO L 20X 1/8 ESTRUCTURAL ASTM A50	15000 mm					
2	TIPO	1	PLANCHA FOLIA DE ACERO AL CARBONO	2.40 libras/m <sup>2</sup>					
3	VERDO	1	VERDO CLARO ESPESOR 6mm						
4	PAINTURA	1	ESMALTE MATELADO DOLOR OHS, CONDOR	1 LT					
5	JUNTA	50	REMACHES DE ALUMINO DE 4x16 mm						
6	SOLD	3	ELECTRODO E-6015, AGA	3 KG					

MATERIAL		CANTIDAD		UNIDAD		VALOR		TOTAL	
NO.	DESCRIPCION	NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	VALOR
1	PERFIL	1	ANILLO L 20X 1/8 ESTRUCTURAL ASTM A50	15000 mm					
2	TIPO	1	PLANCHA FOLIA DE ACERO AL CARBONO	2.40 libras/m <sup>2</sup>					
3	VERDO	1	VERDO CLARO ESPESOR 6mm						
4	PAINTURA	1	ESMALTE MATELADO DOLOR OHS, CONDOR	1 LT					
5	JUNTA	50	REMACHES DE ALUMINO DE 4x16 mm						
6	SOLD	3	ELECTRODO E-6015, AGA	3 KG					

