

PREPARACION DE SUPERFICIES

Previo a la aplicación del esquema de pintado, la superficie debe ser sometida a *limpieza*, para eliminar polvo y suciedad, aceites y grasas, óxidos diversos, pinturas viejas, etc., cuya presencia afectaría la adhesión, la durabilidad y en algunos casos la dureza de la cubierta orgánica protectora. Complementariamente puede aplicarse un *pretratamiento*, que implica utilizar productos que reaccionan químicamente con el acero, pasivándolo y haciéndolo así menos sensible a la corrosión.

SELECCION DEL METODO ADECUADO

Actualmente, debido en gran parte a la falta de información técnica adecuada, no se suelen utilizar sistemas idóneos o se aplican criterios de economía erróneos para la selección de los mismos. Si bien esto permite disminuir los costos iniciales, esta economía se ve anulada a largo plazo por el incremento que se opera en los gastos de mantenimiento.

La elección del método adecuado depende del *estado inicial de la superficie del metal de base* y varía según se trate de acero para la construcción de barcos nuevos o de aquel sobre el que hay que realizar sólo tareas de mantenimiento después de un tiempo de servicio prolongado. Tiene también importancia el *tipo de impurezas presentes* y el *diseño y ubicación* de la pieza o estructura a tratar.

En el caso de las construcciones nuevas el acero tiene *impurezas de laminación (escama o calamina)* y si ha sido almacenado a la intemperie se habrán formado sobre su superficie óxidos diversos, sulfatos, cloruros, carbonatos, etc. En las *operaciones de mantenimiento*, el tratamiento a utilizar dependerá del grado de deterioro alcanzado por el esquema protector y de su adhesión al sustrato.

El polvo, junto con las grasas y aceites que lo mantienen adherido al sustrato se eliminan mediante el empleo de *disolventes* o de *detergentes* (métodos físicos), pudiéndose emplear también *alcalis* (método químico) tales como soda cáustica (hidróxido de sodio), sosa (carbonato de sodio), etc. Eventualmente puede utilizarse también el *chorro de agua a alta presión*.

La escama de laminación, los óxidos diversos (herrumbre) y los restos de pinturas viejas y deterioradas o quemadas en las zonas con cordones de soldadura se eliminan mediante la acción de la *llama oxiacetilénica* o de gas, *cepillado manual* o *mecánico*, *picareteado*, *granallado* o *arenado*. Los citados anteriormente son métodos físicos y como ejemplo de métodos químicos pueden mencionarse el *decapado á-*

cido (clorhídrico o sulfúrico), el empleo de mezclas decapantes y el fosfatizado.

ELIMINACION DE ESCAMAS DE LAMINACION Y OXIDOS

La escama de laminación o calamina ("millscale") se forma durante el laminado del metal, tanto en frío como en caliente, por exposición del mismo al aire. En el caso del laminado a alta temperatura o laminado

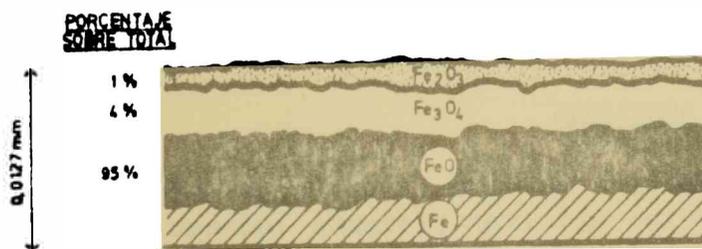


Figura 43.- Composición de la escama de laminación o calamina en el caso del acero laminado en caliente

en caliente esa escama está compuesta por óxido ferroso, de fórmula FeO, directamente en contacto con el metal, óxido ferroso-férrico u óxido salino (Fe₃O₄) y finalmente óxido férrico (Fe₂O₃). Este último corresponde al estado de oxidación mayor del metal. La distribu-

ción porcentual de estas impurezas se indica en la figura 43.

El óxido ferroso, que como ya se expresó es el que está directamente en contacto con el metal, tiene gran tendencia a la hidratación por acción de los agentes atmosféricos.

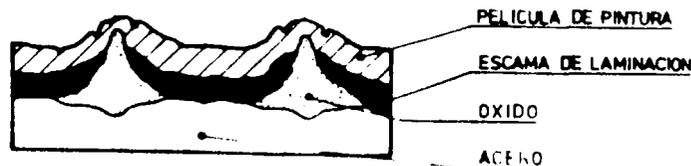
La permeabilidad de la escama de laminación (y la de la película de pintura, si se ha pintado sobre la misma) es suficiente como para permitir el acceso del agua y del oxígeno. Si la superficie tiene inicialmente el aspecto que se muestra en la parte superior de la figura 44, al producirse el pasaje de los agentes agresivos ocurre un cambio en el sistema cristalino de la capa próxima al metal y un gran aumento de volumen. El crecimiento del óxido férrico así formado produce el desprendimiento parcial de la capa de calamina. El metal de base queda al descubierto y en ambientes muy húmedos, zonas industriales o climas marinos se origina la pila hierro/agua/calamina, en la cual el cátodo (calamina) es de mucho mayor tamaño que la zona anódica (metal) por lo que esta se corroe rápidamente, teniendo lugar un proceso localizado o "pitting" (picado). La consecuencia es una acentuada disminución del espesor y pérdida de la resistencia mecánica.

En el caso del acero laminado en frío, aún cuando la distribución de los óxidos formados es diferente, el ataque también se produce.

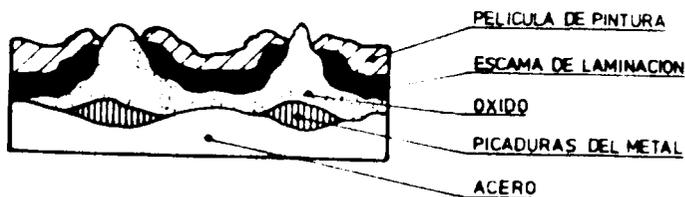
Todas las reacciones que ocurren sobre el acero expuesto a la intemperie sin protección suceden también, como se mencionó, debajo



PELICULA APLICADA SOBRE ESCAMA DE LAMINACION Y OXIDO



PASAJE DEL AGUA DEL MEDIO A TRAVES DE LA PELICULA, AUMENTO DE VOLUMEN DEL OXIDO Y CUARTEADO DE LA PELICULA.



EL PASAJE DE AGUA PROVOCA PRIMERO EL AGRIETADO Y LUEGO EL DESPRENDIMIENTO DE LA PELICULA, APARECE OXIDO EN LA SUPERFICIE Y PICADURAS EN EL METAL.

Figura 44.- Acción del agua sobre la herrumbre y la escama de laminación

de la película si la misma es aplicada sin eliminar la escama de laminación y los óxidos o sobre superficies con defectuosa preparación.

La acción destructora de los contaminantes perdura aún después de aislado el sustrato y la falla del sistema (que puede incluir su completo desprendimiento, como se muestra en la figura 45) se producirá en un lapso que es función de la naturaleza química del contaminante, de su concentración y adhesión, de las propiedades físicoquímicas de la pintura aplicada y del espesor total de película.

GRADO DE LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE

Para este tipo de acero se pueden establecer cuatro estados de la superficie metálica, de acuerdo con lo que se indica en la escala sueca *Svensk Standard SIS 05 59 00*, que incluye patrones fotográficos de comparación:

- (A) Superficie completamente cubierta con la escama de laminación, de color azulado; dicha escama es prácticamente con-

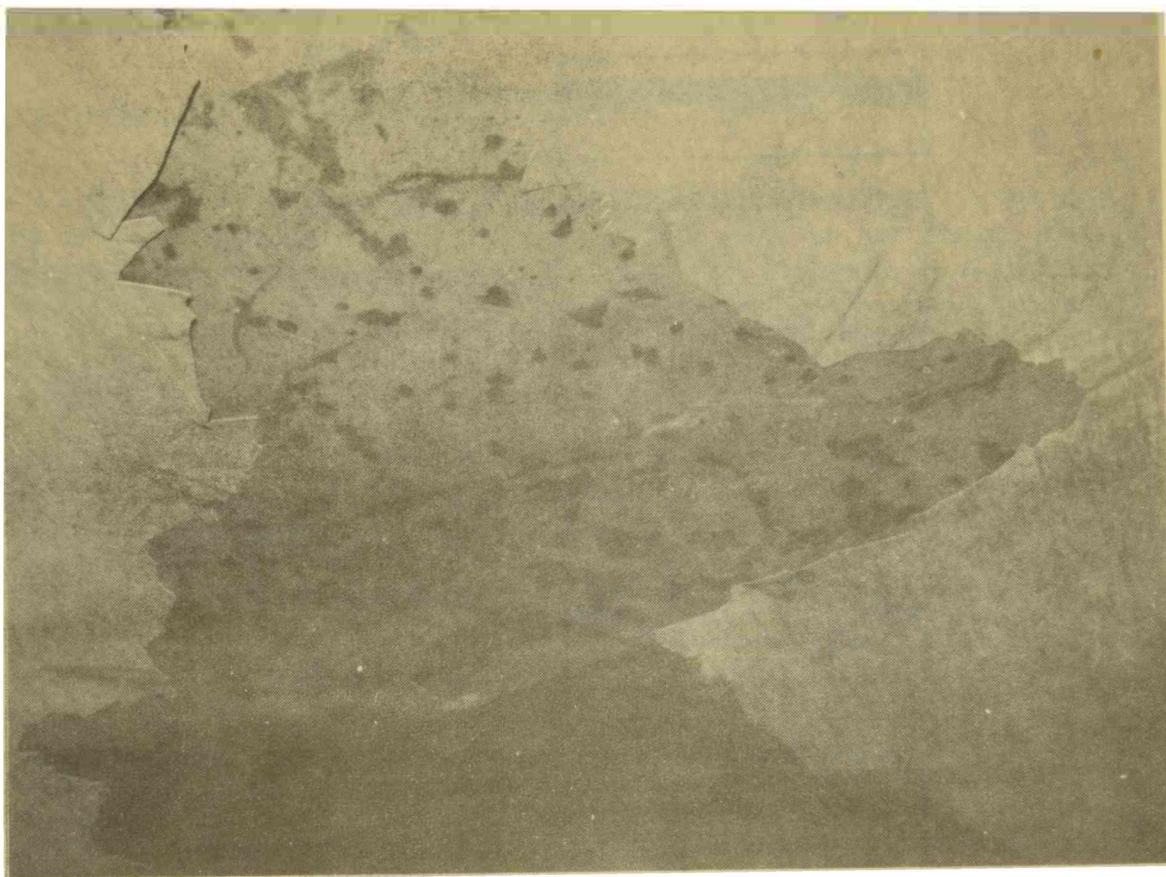


Figura 45.- Desprendimiento del revestimiento protector aplicado sobre una superficie mal preparada

tinua, con poco o nada de herrumbre.

- (B) Superficie que ha comenzado a herrumbrarse (formación de óxido férrico hidratado), con parcial desprendimiento de la escama.
- (C) La escama ha oxidado total o parcialmente y se desprende por rasqueteado; poco picado de la superficie, pero observable a simple vista.
- (D) La escama se ha desprendido totalmente por oxidación y la chapa presenta un apreciable picado.

La norma citada da además cuatro *grados de limpieza*, denominados Sa 1, Sa 2, Sa 2,5 y Sa 3 y que corresponden a las siguientes características finales de la superficie tratada:

- (Sa 1) Limpieza liviana, con eliminación de escamas y óxidos (herrumbre) sueltos y también las impurezas diversas.
- (Sa 2) Limpieza cuidadosa, con eliminación de la mayor par-

te de las escamas, óxidos, etc.

(Sa 2,5) Limpieza muy cuidadosa, luego de la cual quedan sólo trazas de impurezas.

(Sa 3) Limpieza total del metal ("metal blanco"); remoción completa de las impurezas.

Una versión mejorada de dicha escala ha sido publicada en 1975 por la *Shipbuilding Research Association of Japan*, que incluye además fotografías correspondientes a deterioro del acero protegido por "shop-primers" y de preparación de superficies en zonas soldadas y quemadas de la estructura.

Sobre superficies pintadas con el esquema completo y previo a la limpieza se debe establecer la *oxidación visible* sobre la película o la existente debajo de ella sin manifestación exterior.

El primer caso está contemplado en la *escala de la British Iron and Steel Research Association (BISRA)*, que aparece en la figura 46, donde se normalizan grados de oxidación correspondientes a 0,1; 0,2; 0,5; 1 y 2 por ciento, considerándose que se debe repintar si se alcanzan los valores 0,1 a 0,5 por ciento.

La norma ASTM D-610-43 presenta también una serie de patrones fotográficos, lo mismo que la Escala Europea. Todos los casos citados se refieren a la observación de la superficie sin eliminación de la pintura existente.

La especificación del *Steel Structures Painting Council* de EE. UU. en cambio da una escala comparativa que exige la eliminación del esquema de pinturas previo a la observación. Dicha escala se refiere a superficies oxidadas entre 0 y 50 por ciento (fig. 47).

Como se puede apreciar las diferentes normas varían ampliamente y en la práctica pueden aparecer situaciones no contempladas dentro de las mismas.

LIMPIEZA CON VAPOR O AGUA CALIENTE A PRESION

La limpieza con vapor o con agua caliente a presión se emplea para remover el polvo atmosférico y musgo depositados sobre la superficie de pinturas expuestas durante mucho tiempo al exterior. Dichas impurezas son eliminadas por la acción combinada de una alta temperatura de trabajo (150°C) y presión.

Las estructuras donde la pintura envejecida por la acción de la intemperie presenta sólo tizado se pueden repintar económicamente si se emplea este método de limpieza, que prácticamente no deteriora la pintura en buen estado de conservación, debiéndose cuidar que la presión no sea excesiva y tampoco muy prolongado el tiempo de acción.



0,1 % de oxidación



0,2 % de oxidación

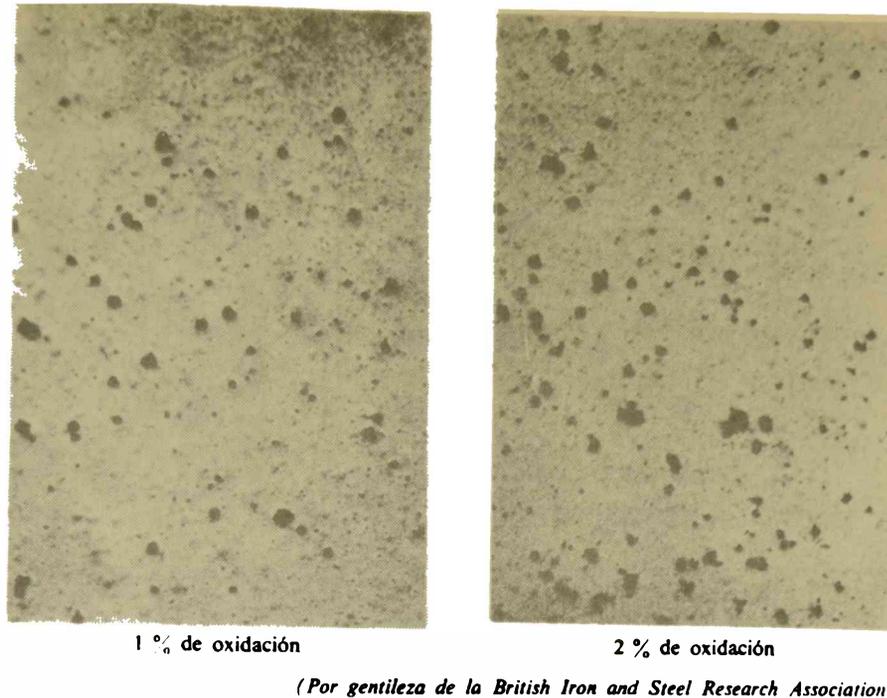


0,5 % de oxidación

LIMPIEZA CON AGUA A PRESION

Es un método que remueve la pintura poco adherida (figura 48) o ampollada, el óxido suelto, aceites y grasas y polvo atmosférico. Es necesario aclarar que el agua a presión no produce una superficie de características equivalentes al arenado pero es un método mucho más eficiente que el empleo de herramientas manuales.

La limpieza con agua a presión es muy útil en el caso de superficies muy irregulares e inaccesibles en muchos lugares para las herramientas usuales.



(Por gentileza de la British Iron and Steel Research Association)

Figura 46.- Escala de grados de oxidación de la British Iron and Steel Research Association

TRATAMIENTO POR MEDIO DE ACIDOS MINERALES

Tres son los ácidos utilizados normalmente para la limpieza de superficies: sulfúrico, clorhídrico y fosfórico.

Los ácidos sulfúrico y clorhídrico *actúan tanto sobre la herrumbre como sobre la calamina* y su mecanismo de acción varía de acuerdo con la composición relativa de los óxidos presentes en la escama de laminación (laminado en frío o en caliente).

El ácido fosfórico *tiene acción decapante sólo sobre la herrumbre*, y la misma es acompañada por una *acción pasivante complementaria*.

Los óxidos con mayor contenido de oxígeno son insolubles en los ácidos mencionados, mientras que el óxido ferroso, en cambio, se disuelve rápidamente. En este último caso la porosidad de la calamina beneficia el proceso, ya que el ácido penetra a través de los poros, disolviendo el óxido ferroso y produciendo la deposición de los demás en el fondo de la cuba. La formación de estos lodos insolubles indica que el fenómeno puede ser considerado como un caso de desprendimiento de la escama.

El *ácido sulfúrico* es el agente decapante más utilizado. Se lo emplea en concentraciones que varían entre 5 y 25 por ciento en volumen, incrementándose la velocidad de ataque con la concentración.

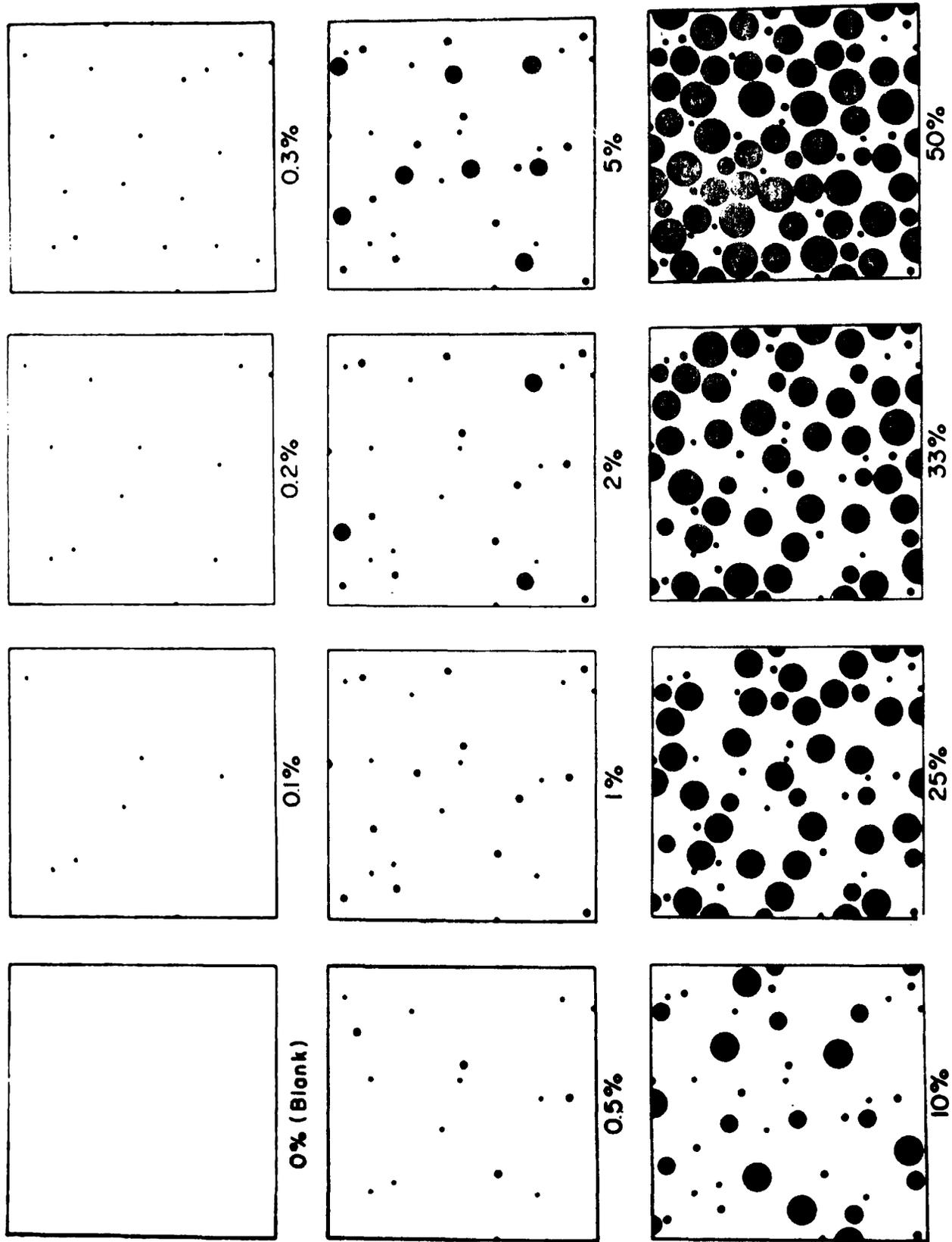


Figura 47.- Escala de grados de oxidación de superficies metálicas (Steel Structures Painting Council)



Figura 48.- Limpieza de una superficie con agua a presión

Por arriba del valor citado en último término disminuye la velocidad de reacción. La temperatura acelera el proceso y puede ser necesario el empleo de *inhibidores* para evitar el ataque del metal.

Durante el tiempo que dure el decapado debe mantenerse constante la concentración de ácido en el baño, verificando mediante determinaciones periódicas de densidad o por análisis químico el contenido de materia activa en la solución. Se debe reponer el ácido consumido.

El *ácido clorhídrico* se utiliza en los casos en que el sulfúrico demuestra poca efectividad, como cuando se trata de óxido formado en atmósferas altamente corrosivas, cuando han sufrido algún tipo de deshidratación, etc. El ácido clorhídrico reacciona formando jabones con todos los metales presentes y penetra rápidamente a través de los poros de la calamina. Esta propiedad hace que se lo pueda utilizar a temperatura ambiente o calentando como máximo a

40°C. Por encima de esa temperatura no es conveniente su utilización pues desprende cloruro de hidrógeno (ClH), altamente agresivo y corrosivo y que tiene una tendencia mayor a la del sulfúrico para producir picado o corrosión localizada.

El *ácido fosfórico* se utiliza como agente decapante en todas aquellas piezas que están moderadamente oxidadas y sin calamina presente. No deja residuos potencialmente peligrosos sobre el sustrato y en los huecos y poros queda depositada una capa de fosfatos complejos que no tienen influencia negativa sobre la película de pintura, debido a su gran estabilidad.

No debe confundirse el *uso del ácido fosfórico* en estas condiciones con el *fosfatizado*. Este último proceso se realiza con soluciones que contienen fosfatos ácidos de hierro, cinc o manganeso o una mezcla de ellos y que forman sobre el sustrato una capa fina, cristalina y continua. Esta capa, firmemente adherida, constituye una barrera protectora efectiva que impide la penetración de humedad hasta el momento de iniciar el pintado. Provee además a la imprimación de una base de excelente adhesión.

ACCION DE LA LLAMA

En el caso del acero nuevo con calamina, el flameado aprovecha la diferencia entre los coeficientes de dilatación del acero y la escama de laminación, generando tensiones entre ambas superficies, las que provocan luego el resquebrajamiento y desprendimiento de la capa superior. Al proceso contribuye la disminución de volumen (contracción) que se produce en los óxidos hidratados al perder agua por efecto de la temperatura.

El tipo, forma, tamaño y velocidad de pasaje de la llama depende de la geometría de la estructura a tratar. Sobre chapas de acero se utilizan quemadores que formen llamas planas, mientras que en los ángulos y zonas poco accesibles se emplean las redondas.

RASQUETEADO, CEPILLADO Y PICARETEADO

Son procedimientos que permiten salvar situaciones de emergencia, cuando no es posible realizar la limpieza por procedimientos más efectivos.

El *rasqueteado* se realiza en forma manual, mientras que el *cepillado* puede efectuarse manualmente o utilizando cepillos rotatorios. Son procedimientos que permiten separar el material suelto o mal adherido, pero no el óxido o la pintura firmemente unidos al sustrato metálico. Son relativamente efectivos en el tratamiento de

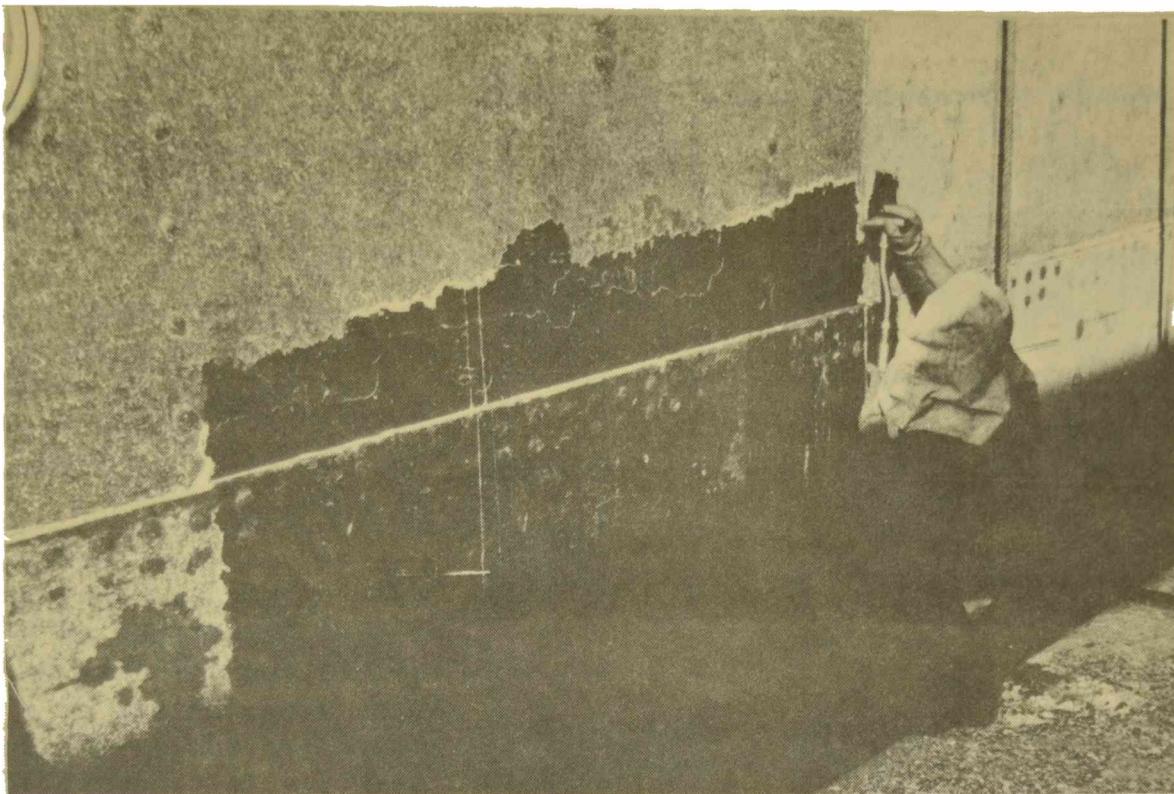


Figura 49.- Picareteado neumático del casco de una embarcación a nivel de línea de flotación: se elimina la pintura y parte de la herrumbre, pero queda óxido en los poros del metal

superficies pequeñas. No es aconsejable su empleo en el caso de materiales o estructuras que estarán sometidos a la acción de ambientes muy agresivos y es conveniente limitar su aplicación a zonas interiores. Una superficie limpiada por este procedimiento no supera el valor Sa 1 de la escala sueca ya mencionada anteriormente.

En el caso de grandes superficies puede emplearse el *picareteado manual* o *neumático*. En la figura 49 se observa la eliminación de la capa de pintura vieja en la zona de línea de flotación de una embarcación. Conjuntamente con la pintura se elimina la mayor parte del óxido pero no puede evitarse que parte del mismo quede en el interior de los poros del metal y en las irregularidades de la superficie. Una limpieza de este tipo corresponde al valor Sa 2 de la Escala Sueca.

ARENADO Y GRANALLADO

Estos métodos reciben la denominación de "*shot-blasting*", que hace referencia al impacto mediante el cual el material abrasivo limpia la superficie. Es el método más efectivo y proporciona un metal limpio y completamente libre de cualquier tipo de contaminantes, sobre el que puede aplicarse directamente el pretrata-

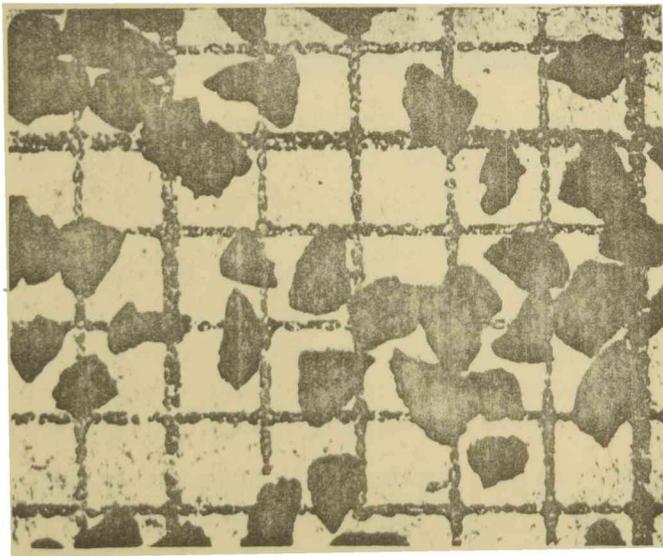
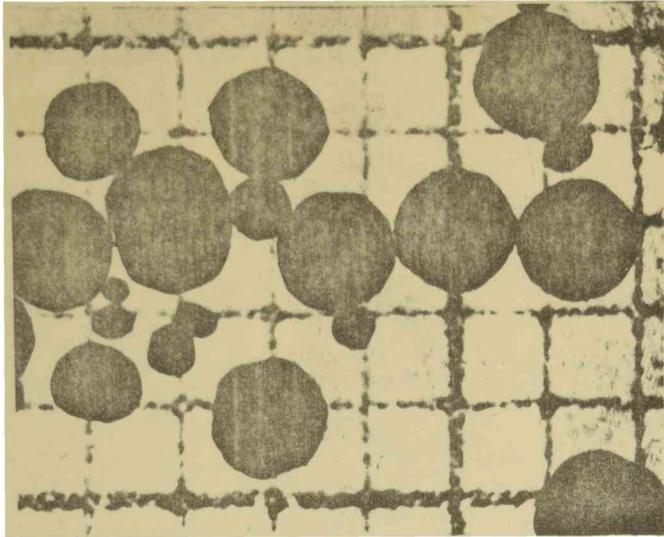


Figura 50.- Diferente forma de partícula de la granalla de acero

da o granallada dependerá del manejo adecuado de ese conjunto de variables. Lo importante es lograr una rugosidad adecuada (figura 51) que no impida la acción de "barrera" de la película de pintura. En ningún caso los "picos" deben llegar a la superficie de la película.

De todas maneras siempre es posible aumentar el espesor total del esquema de pintado, pero evidentemente, desde el punto de vista económico lo fundamental es eliminar los "picos" citados.

Paralelamente ocurre gran aumento de la superficie libre del me-

miento o el esquema de pintado. Deja además una superficie rugosa que mejora la adhesión y facilita el "anclaje" de la pintura.

Mediante estos procedimientos se puede llegar al valor 3 de la Escala Sueca, aunque muchas veces es admitido el valor 2,5.

El *arenado* puede ser *seco* o *húmedo*, mientras que el *granallado* se efectúa generalmente en seco y en equipos de circuito cerrado, a fin de permitir la recuperación de las granallas.

Los resultados que se obtienen dependen, en el caso del arenado, de las características de la arena (granulometría, contenido de sílice y forma de las partículas). (fig. 52). En el granallado un aspecto fundamental está relacionado con la forma de las granallas (fig. 50). La presión de trabajo influye de manera similar en ambos casos.

La *rugosidad* final de la superficie arena-

Figura 51

Diferente rugosidad de la superficie metálica como consecuencia del granallado o arenado

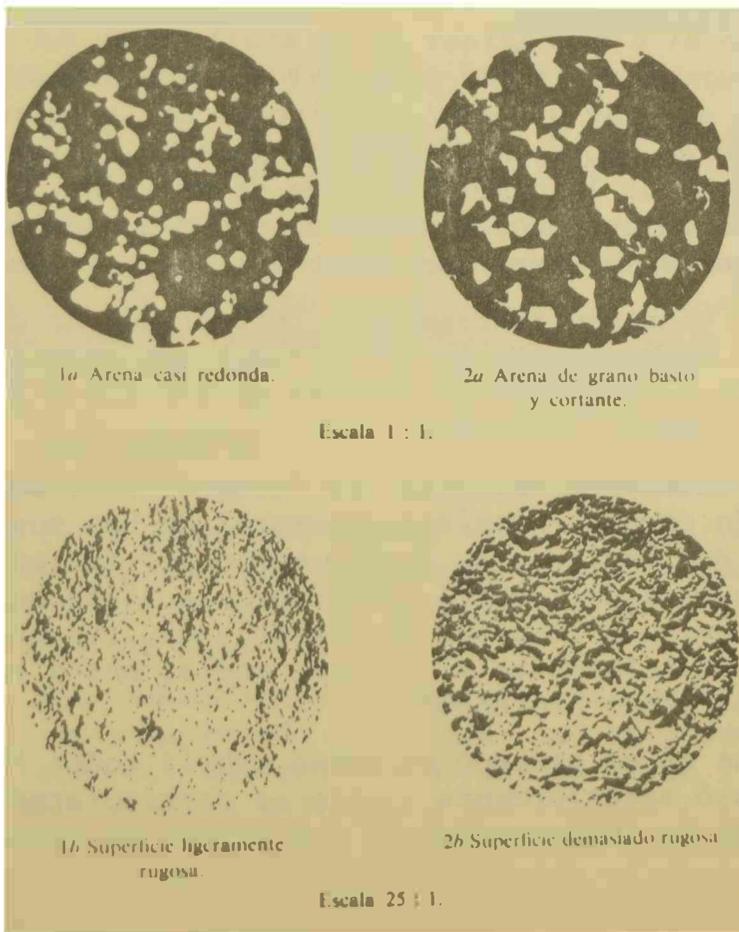
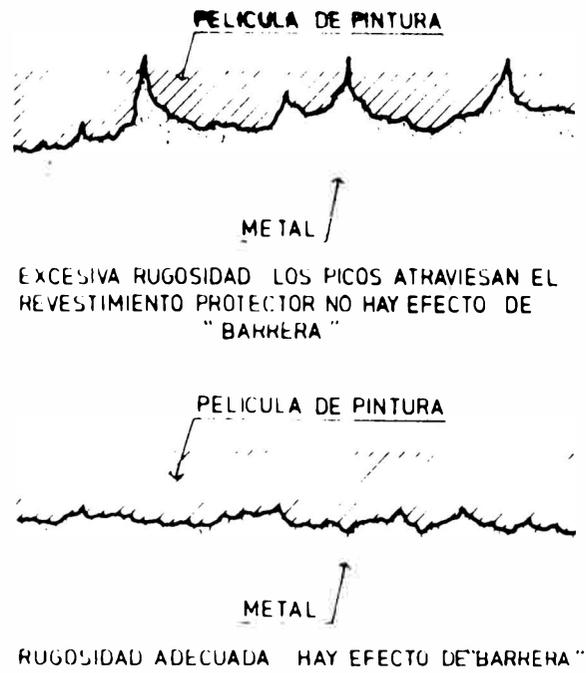


Figura 52

Fotomicrografías de arena de diferente tipo y características de las superficies obtenidas en cada caso

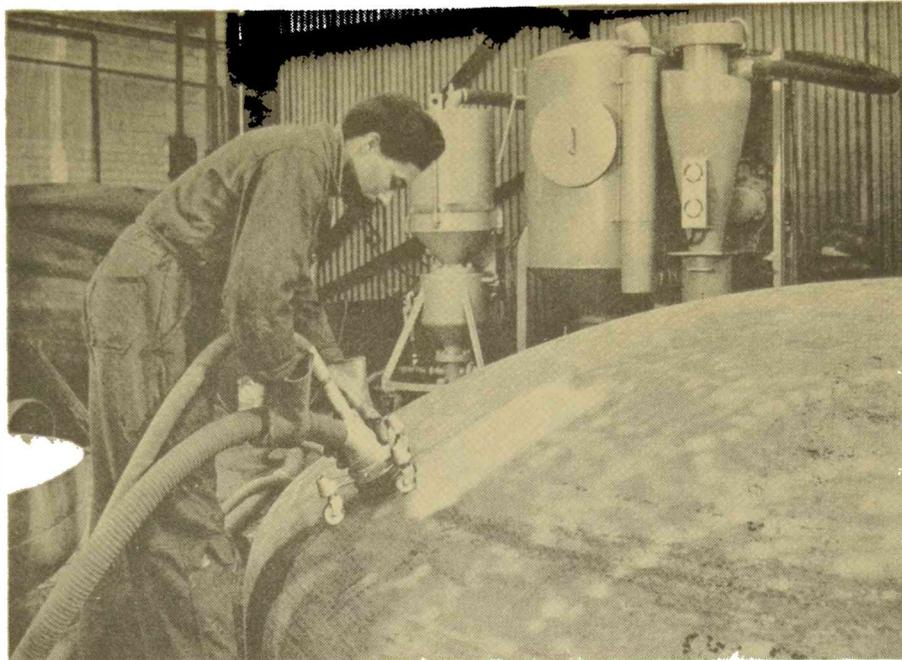


Figura 53.- Limpieza con arena empleando un equipo de circuito cerrado

tal, lo que trae aparejada la activación del mismo, volviéndose mucho más sensible a la oxidación. A fin de evitar esto se aplica inmediatamente un pretratamiento.

Una situación similar ocurre en el caso del arenado húmedo, por lo que es necesario agregar al agua inhibidores de la corrosión. Mezclas de fosfato de amonio y nitrato de potasio (relación 4/1) en la proporción de 1 kg por tonelada de material, o la incorporación de ácido crómico, cromato de sodio o dicromato de sodio (0,2 por ciento en peso) son efectivas con tal fin.

Es importante, como concepto fundamental, indicar que *no debe confundirse grado de limpieza (Norma SIS citada) con rugosidad de la superficie*. Se pueden obtener valores de SIS 2,5 ó 3, por ejemplo, con mayor o menor rugosidad.

El primer valor se determina mediante las fotografías tipo de la especificación. En cambio rugosidad (textura) de una superficie está determinada dos índices: R_a (valor medio aritmético de las distancias de los puntos del perfil efectivo a la línea media, dentro de una determinada longitud de medida); y R_t (mayor distancia, medida perpendicularmente a la línea media, entre la cresta más alta y el valle más profundo).

Lo importante es que en el pintado se deben cubrir todos los picos, como ya se expresó anteriormente y esto es particularmente importante en el caso de los "shop-primers" o pinturas de protec-

ción temporaria, que deben ejercer su acción con una sólo mano de 25 micrones de espesor.

PRETRATAMIENTO DE SUPERFICIES

Se refiere a la aplicación de productos tales como los "*wash-primers*" (*imprimaciones de lavado*), que se realiza inmediatamente después de la limpieza de la superficie (picareteado, arenado ó granallado).

Un esquema de pintado puede incluir o no un "wash-primer" pero es necesario dejar bien en claro que su utilización mejora notablemente el poder protector de cualquier tipo de pintura, siendo imprescindible su utilización en el caso de las pinturas vinílicas.

Un "wash-primer" está constuido por una base pigmentada (pigmento dispersado en una solución de resina) y un diluyente ácido (ácido fosfórico, agua e isopropanol) que se mezclan en el momento de su utilización, se aplican sobre el metal y reaccionan químicamente con éste. Se forma una fina capa de fosfatos complejos, el metal es oxidado a compuestos estables y pasivado, debiendo ser luego pintado.

La capa citada no es resistente a la oxidación si se la expone a la intemperie durante lapsos prolongados.

Este tipo de materiales se utilizan también para aluminio o chapa galvanizada, con algunas modificaciones de composición.

Una alternativa del pretratamiento es el *fosfatizado* de la chapa decapada, para el que se utilizan soluciones de ácido fosfórico. En contacto con el metal se produce una fina capa cristalina también firmemente adherida, y sobre la cual se pinta.

SHOP-PRIMERS

En la práctica, muchas veces después del arenado o granallado se aplica una capa de pintura de poco espesor (25 μm), destinada a proteger el material durante un cierto lapso, generalmente seis meses a un año.

Los requisitos fundamentales que debe cumplir un shop-primer son los siguientes: debe poder ser aplicado tanto con pistola normal como con equipos sin aire comprimido ("airless spray"), dando una película uniforme y del espesor citado; debe secar en 10-15 minutos, dando una película dura y resistente; no debe interferir en las etapas constructivas ni disminuir la eficacia de los procesos de soldadura o corte a soplete; no desprenderá en esas

condiciones humos o vapores tóxicos, irritantes o desagradables; debe ser compatible con los diferentes tipos de pintura a aplicar, dando una adecuada base protectora; si consta de dos componentes, deberá tener adecuada estabilidad luego de efectuado el mezclado, para permitir su aplicación en grandes superficies.

Todas estas condiciones implican una exigencia severísima, a tal punto que los productos que habitualmente se encuentran en el mercado no las cumplen en su totalidad.

Los diferentes tipos que se emplean habitualmente son los siguientes:

a) Pigmentados con óxido de hierro, con o sin pigmentos inhibidores; el ligante está constituido generalmente por resinas fenólicas, vinílicas, etc. Sus propiedades anticorrosivas son bajas.

b) Pigmentados con polvo de cinc ("zinc-rich" primers), de muy satisfactorio comportamiento al exterior y rápido secado. Su vehículo está constituido generalmente por resinas epoxídicas o caucho clorado, pudiendo formularse también con silicatos inorgánicos. El contenido de cinc en la película seca es alto (92 por ciento), actuando inicialmente como protección catódica; iniciado el ataque, en atmósferas no muy agresivas, pasa a actuar como barrera en una segunda etapa.

c) A base de aluminio. Dan una película cuya acción protectora es de carácter meramente físico, actuando como barrera. Son altamente reflectantes tanto a la luz solar como a la llama del soplete, lo cual resulta molesto para el operador. El vehículo de estos productos está constituido por resinas vinílicas, caucho clorado, etc.