

|                        |   |                              |            |
|------------------------|---|------------------------------|------------|
| <b>Cliente</b>         | : GB-Ingefix  |                              |            |
| <b>Dirección</b>       | : Av. Las Torres N° 1316, Huechuraba, Santiago.             |                              |            |
| <b>Tipo de Muestra</b> | : Tornillo de acero.  |                              |            |
| <b>Cantidad</b>        | : 05.   |                              |            |
| <b>Tipo de Ensayo</b>  | : Análisis químico, análisis metalográfico, dureza y corte. | <b>Fecha de Recepción</b>    | : 10-06-09 |
| <b>Solicitante</b>     | : Sr. Aquiles Castro.                                       | <b>Fecha Emisión Informe</b> | : 18-06-09 |

#### A.- Identificación de las Muestras:

##### **Identificación del cliente**

Un grupo de tornillos galvanizados GB INGEFIX 12-24 x 1-1/4 HWH Pta. # 5, con la marca GB estampada en la cabeza. En la figura A.1 se presenta una imagen de las muestras recibidas.

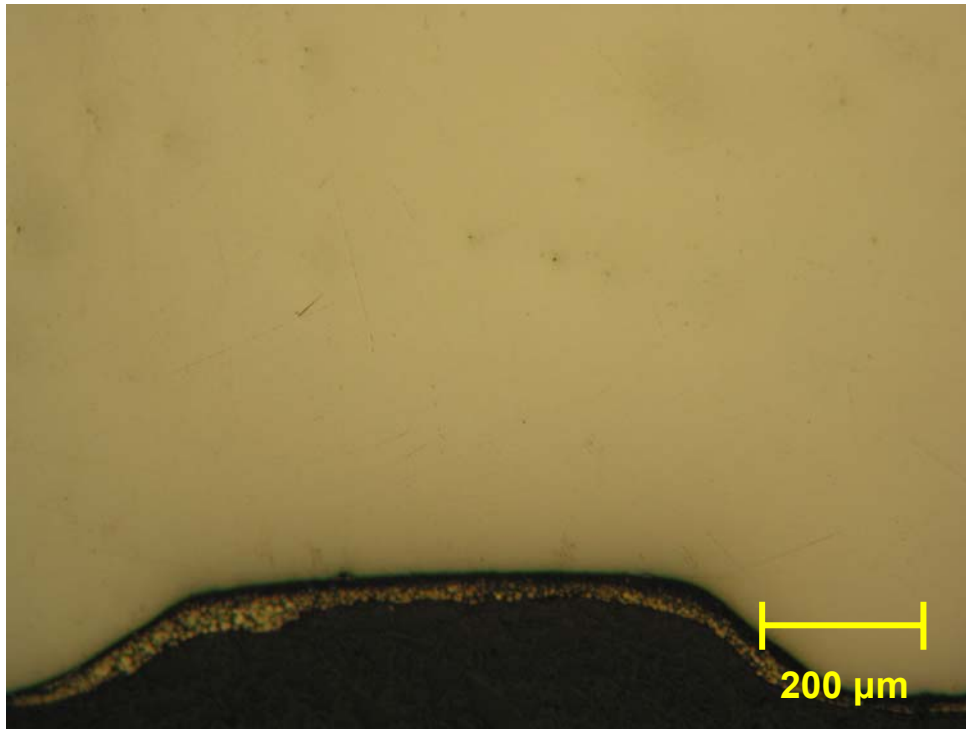


**Figura A.1** Muestras recibidas.

#### B.- Análisis Metalográfico:

Para llevar a cabo este análisis se realizó un corte longitudinal de la muestra y se procedió a un desbaste con lijas N° 120 hasta 1500 y por paños 1 y 2 con alúmina de 1 y 0.5  $\mu\text{m}$  respectivamente. Posteriormente la muestra fue observada al microscopio óptico para determinar la cantidad y tipo de inclusiones no metálicas utilizando el procedimiento establecido en la norma ASTM E45, por el método de comparación de cartas.

En la figura B.1 se muestra una micrografía sin ataque a 100 aumentos de la muestra. En ellas se puede observar inclusiones tales como óxidos y sulfuros finos, típicos en este tipo de materiales.



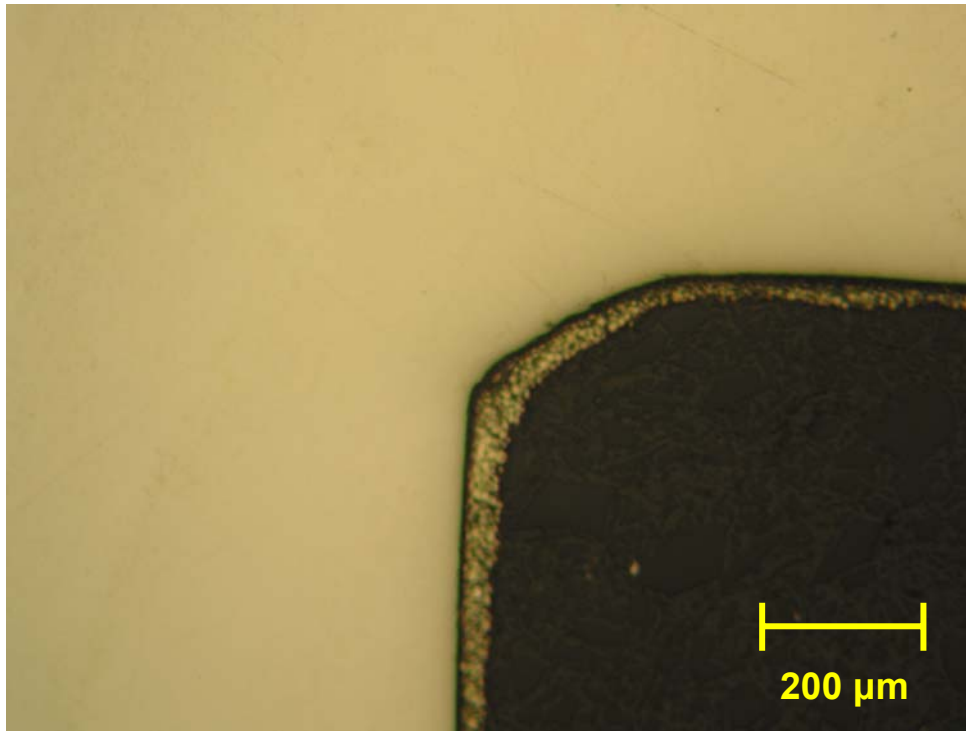
**Figura B.1** Micrografía sin ataque a 100 aumentos.

La tabla B.1 presenta la descripción del tipo y nivel de inclusiones no metálicas (clasificables) encontradas en los aceros, según norma ASTM E45.

**Tabla B.1** Contenido de inclusiones no metálicas.

| ID ITEM         | Tipo de inclusiones   | Nivel  |
|-----------------|-----------------------|--------|
| <b>Tornillo</b> | A (Sulfuros de Mn)    | 1 Fino |
|                 | D (Óxidos globulares) | 1 Fino |

La determinación de la capa galvanizada se realizó bajo la norma ASTM A153. En la figura B.2 se muestra una micrografía sin ataque a 100 aumentos de la muestra. En ella se puede observar el espesor de la capa galvanizada.



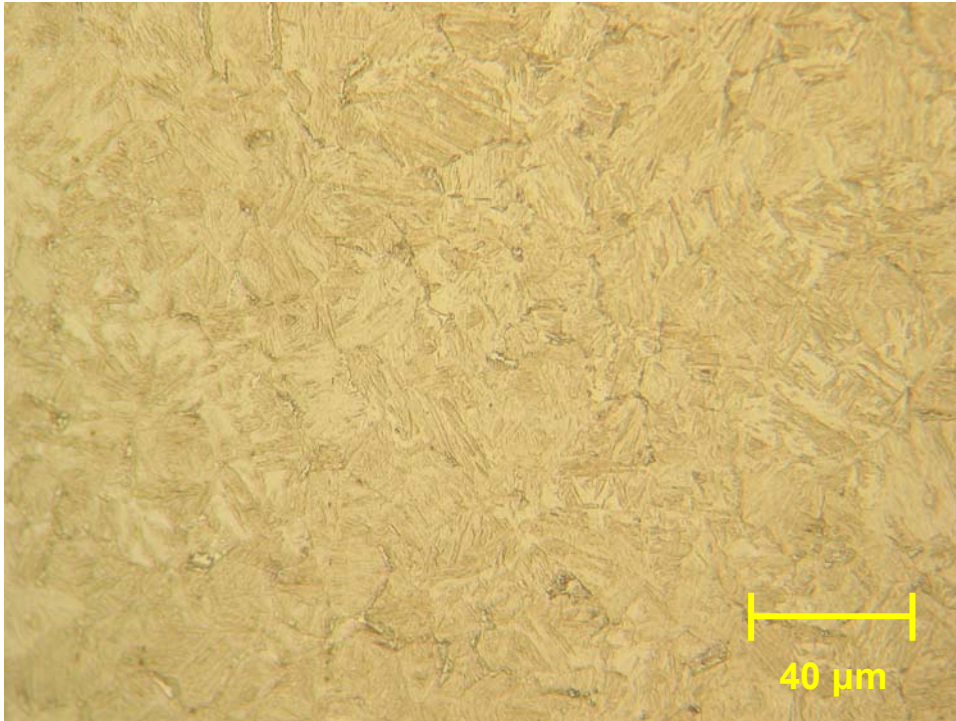
**Figura B.2** Micrografía sin ataque a 100 aumentos.

La tabla B.2 presenta el espesor promedio de la capa de zinc.

**Tabla B.2** Espesor capa de zinc.

| I.D. Probeta | Espesor (micras) |
|--------------|------------------|
| Tornillo     | 35               |

Para poder revelar las fases presentes en la muestra, se ha procedido a atacar químicamente la superficie con Nital al 2% (Ácido Nítrico 2%V/V) durante 20 segundos. En la figura B.3 se muestra una imagen a 500 aumentos de la muestra, donde se distingue una matriz de martensita revenida y trazas de ferrita.



**Figura B.3** Micrografía atacada a 500 aumentos.

**C.- Ensayos de Dureza:**

En la tabla C.1 se encuentran los resultados de dureza realizado bajo norma ASTM E18. A la muestra se le ha realizado un perfil de dureza de acuerdo a la figura C.1.

**Tabla C.1** Resultados de durezas.

| Identificación   | Dureza HV  |
|--|------------|
| ●  | 456        |
| ●  | 466        |
| ●  | 425        |
| ●  | 463        |
| <b>Promedio</b>  | <b>453</b> |
| <b>Conversión<br/>Esfuerzo Máximo<br/>Kgf/mm<sup>2</sup></b> | <b>154</b> |

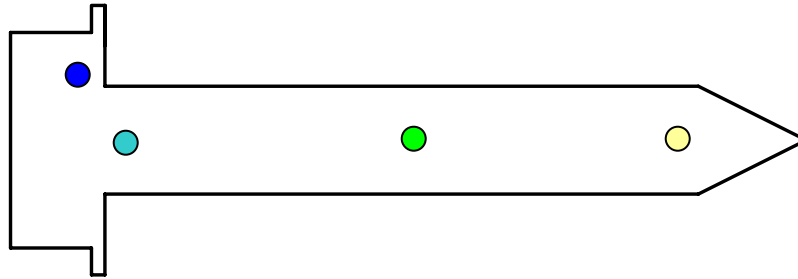


Figura C.1 Esquema del tornillo y las zonas donde se midieron las durezas.

#### D.- Resultados de Análisis Químico:

En la tabla D.1 se muestran los resultados del análisis químico, obtenido por Espectrometría de emisión óptica.

Tabla D.1 Resultados de Análisis químico.

| ID ITEM             | %C          | %Si   | %Mn         | %P         | %S         | %Cr   | %Mo    | %Ni   | %Al   | %Cu   |
|---------------------|-------------|-------|-------------|------------|------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Tornillo            | 0,222       | 0,030 | 0,74        | 0,031      | 0,014      | 0,020 | <0,001 | 0,024 | 0,052 | 0,020 |
|                     | %Ti         | %V    | %Co         | %Nb        | %W         | -     | -      | -     | -     | %Fe   |
|                     | 0,001       | 0,001 | 0,005       | <0,001     | 0,010      | -     | -      | -     | -     | Resto |
| Referencia SAE 1022 | %C          | %Si   | %Mn         | %P         | %S         | -     | -      | -     | -     | %Fe   |
|                     | 0,18 - 0,23 | -     | 0,70 - 1,00 | Máx. 0,030 | Máx. 0,050 | -     | -      | -     | -     | Resto |

(\*) El material del tornillo podría corresponder a un acero SAE 1022



### E.- Resistencia al Corte:

Para evaluar la resistencia al corte de este tipo de tornillos se midió el torque a fractura del tornillo. En la figura E.1 se muestra el tornillo fracturado y en la tabla E.1 se muestra los resultados obtenidos.



Figura E.1 Tornillo cortado después de la aplicación del corte.

Tabla E.1 Resultados de resistencia al corte.

| Muestra  | Resistencia al torque<br>N·m |
|----------|------------------------------|
| Tornillo | 20,3                         |

### F.- Observaciones:

El acero SAE 1022 de los tornillos recibidos, tiene un bajo nivel de inclusiones, aptas para cualquier proceso de forja y en especial de tornillos. El tipo de estructura que presenta el acero, es principalmente martensita revenida, la cual le confiere al perno una alta resistencia mecánica, con ausencia de bandeado de manganeso, perjudicial en este tipo de aceros. Además esta estructura proporciona gran resistencia, la que se ve manifestada en los altos valores de dureza.

Para que el tornillo tenga una buena resistencia a la corrosión, éste es zincado, observándose que la capa galvanizada presenta buenas condiciones metalúrgicas, un espesor de 35 micras que es aceptable para ser un tornillo zincado.

**NOTAS:**

- Los resultados obtenidos son válidos sólo para las muestras ensayadas y entregadas por el cliente.
- Este informe no puede ser reproducido parcial ni totalmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- El laboratorio SIMET-USACH no se responsabiliza por las muestras ensayadas a contar de 30 días de la fecha de emisión de informe.
- Los ensayos fueron realizados con un espectrómetro de emisión de lectura directa, modelo SPECTROMAXx.



Ing. Cesar Segovia C.  
**Jefe de Laboratorio**



Dr. Ing. Alfredo Artigas A.  
**Gerente Técnico**