

¿Será el único?

El caso de las varillas desoldadas

Septiembre de 1985 ha sido un mes de espanto y dolor para la capital de nuestro país, pero también el principio generador de una corriente de indignación y movilizaciones ante el conjunto de irresponsabilidades y abusos que el temblor ha dejado a descubierto.

Uno de estos casos de irresponsabilidad ha sido descubierto, al parecer, por un grupo de investigadores del Instituto de Física de la UNAM, el grupo de Metalurgia. Este organismo tiene como objetivo de trabajo hacer investigación sobre aceros especiales; al causarse la catástrofe provocada por el sismo y darse inicio a las actividades de solidaridad, ellos decidieron colaborar utilizando los conocimientos que dominan, y para ello plantearon estudiar el comportamiento de las varillas que reforzaban el concreto de algunos de los edificios destruidos. Se esperaba que un estudio de esta índole permitiera elaborar algunas sugerencias útiles para la etapa reconstructiva de la ciudad.

Se efectuó la recolección de muestras en uno de los hospitales afectados, el día 3 de octubre. A los pocos minutos de iniciada la colecta se encontró en el extremo de una varrilla una soldadura fracturada. Lo llamativo de este hecho —una soldadura debe resistir una flexión de 180° sin romperse— orientó la búsqueda

* L. Martínez, J.L. Albarrán,
V.H. Tapia, J. Fuentes Maya,
Instituto de Física, UNAM

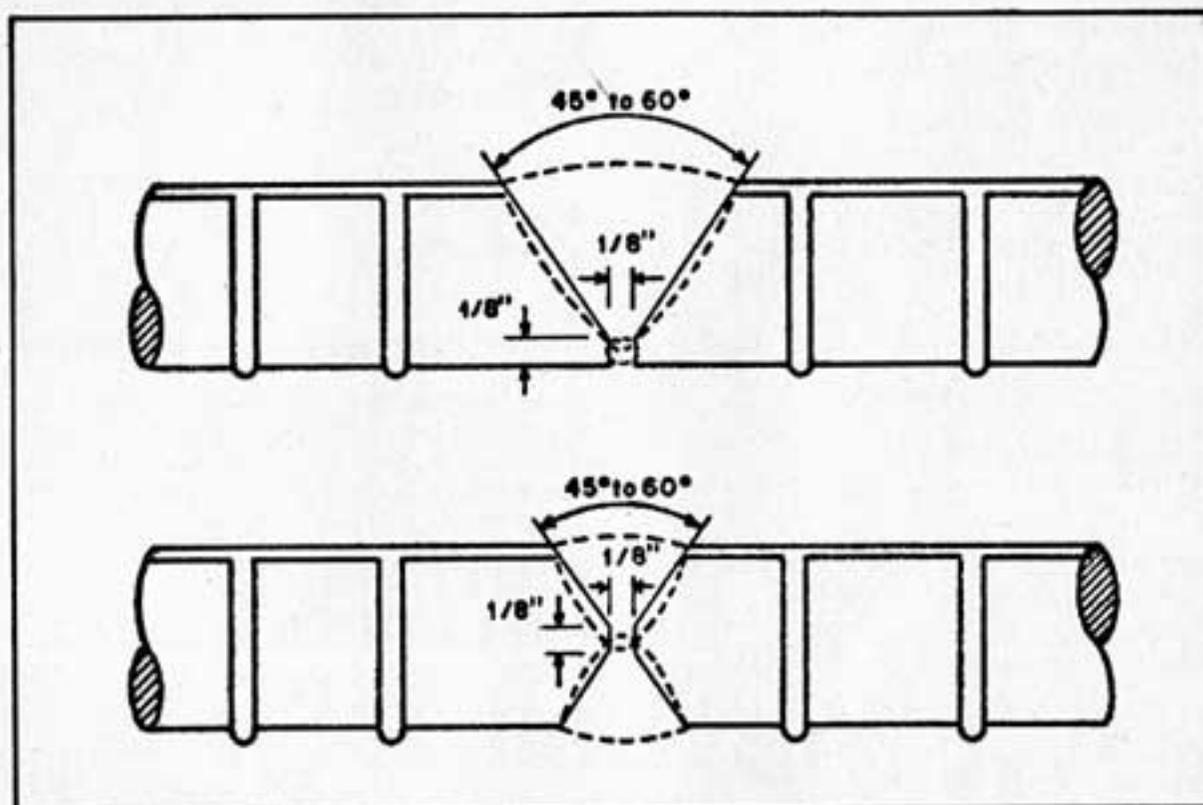


Fig. 1

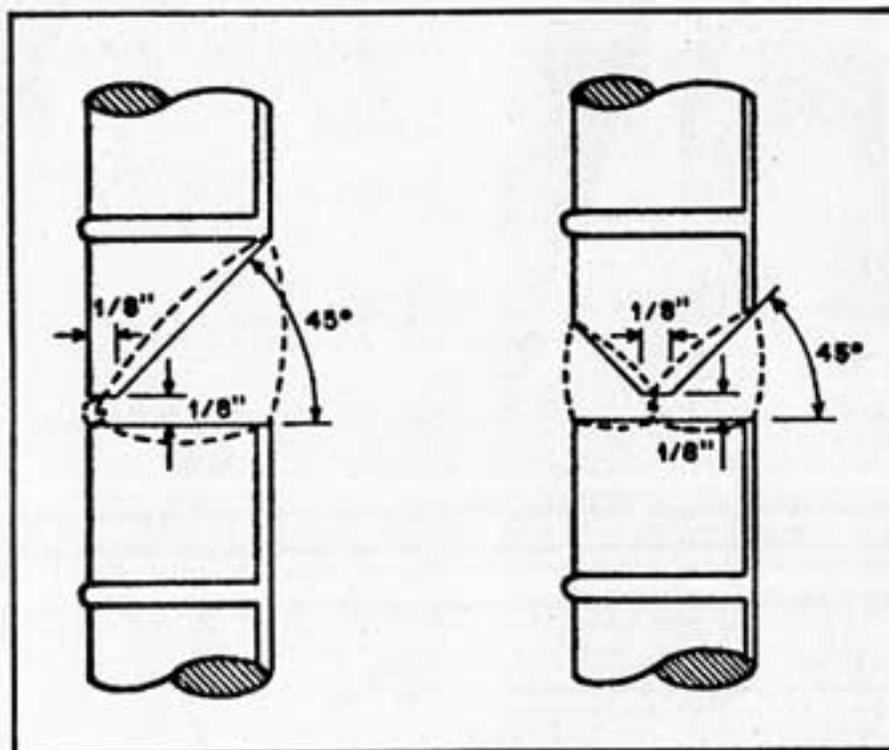


Fig. 2

hacia las soldaduras. Durante 5 horas de trabajo se hallaron cuatro soldaduras con las mismas condiciones en diferentes partes del edificio. Antes de transcribir el análisis de estas muestras, discutiremos brevemente el problema del soldeo para construcciones.

Los edificios se diseñan suponiendo un comportamiento monolítico. Esto significa que en los diferentes cálculos sobre la estructura se considera al conjunto de varillas soldadas como un contínuo.

Algunas de las características —que a causa de esta exigencia deben cumplir las soldaduras— son las siguientes:

- 1) Controlar los tipos de acero que se sueldan, principalmente en cuanto a su composición química y proceso de fabricación.
- 2) Han de prepararse los elementos a soldar, efectuando cortes que aumenten la superficie de amarre (ver figs. 1 y 2) y asegurando que estén libres de óxido.
- 3) Los cordones de soldadura deben incorporarse ordenadamente.
- 4) Debe verificarse cuidadosamente que en las soldaduras efectuadas no existan grietas, pues éstas reducen considerablemente la resistencia a los esfuerzos en la unión hecha.

En particular el último punto es importante. Para citar un ejemplo, una barra de acero de medio carbono que tenga 0.8% de cromo y manganeso, y con un diámetro de 38 mm, resiste hasta 200 toneladas de peso. Una grieta de 2 mm reduce su resistencia a 68 toneladas.

A continuación transcribimos los resultados del grupo de Metalurgia para 3 de las muestras, permitiéndonos abreviar los correspondientes a la muestra HJ-14.

Muestra HJ-14. En la figura 3 aparece una pieza de 35 mm compuesta de dos trozos de barra corrugada unidos con una soldadura. Una de las barras tiene un diámetro de 38 mm y la otra de 32 mm.

Aunque la reducción en el diámetro de las barras puede hacerse en ciertas circunstancias, la teoría de la fractura indica que deben evitarse puntos de alta concentración de esfuerzos. Como lo muestra la fig. 4 en la unión del cono de soldadura con la barra más delgada, se inició una fractura.

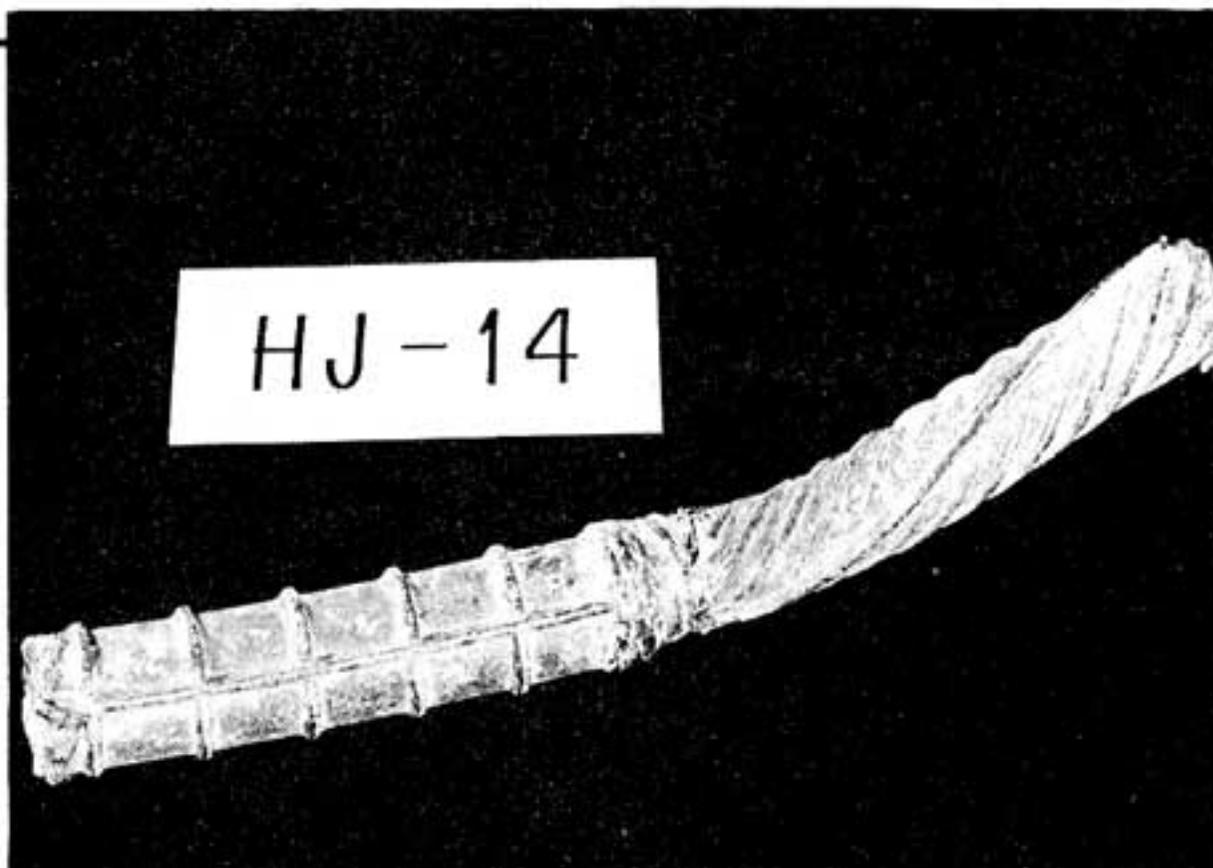


Fig. 3

El dibujo del corrugado es diferente en las dos barras correspondiendo a dos procesos de fabricación. El dibujo en forma helicoidal procede del proceso de deformación en frío. La otra barra fue laminada en caliente.

El análisis de las muestras con microscopio electrónico indica que una barra tiene carbono al 0.11% y la otra al 0.33%.

La fotografía de un corte longitudinal, fig. 5, revela que en él no se efectuaron los cortes de preparación necesarios. Las dos barras fueron cortadas en dirección perpendicular a sus ejes y la soldadura en la unión presenta cavidades llenas de escoria.

En resumen, los errores cometidos en la realización de esta soldadura son:

Fig. 4





Fig. 5

- a) No se hicieron los cortes previos.
- b) Se unieron dos barras de acero con contenidos de carbón muy diferentes.
- c) Se unieron una barra laminada en caliente y otra laminada en frío.
- d) Se unieron dos barras de diámetro distinto generando zonas de alta concentración de esfuerzos.

Muestra HJ-15

La fig. 6 muestra un trozo de barra corrugada deformada en frío de 73 cm de largo y 32 mm de diámetro nominal (calibre 10). Como en el caso anterior la soldadura de este tipo de aceros no es recomendable a menos que se renuncie a la resistencia que da el deformado en frío.

Fig. 6

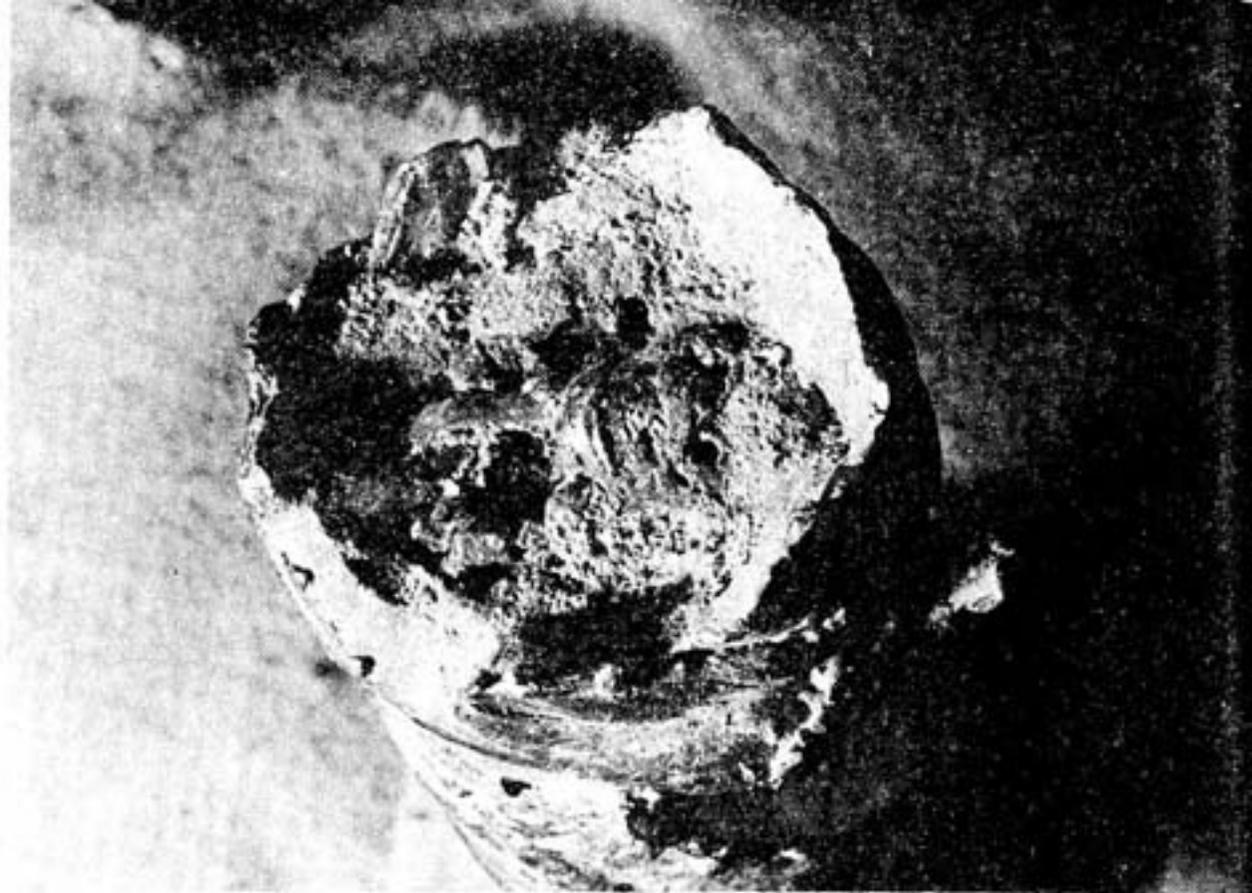
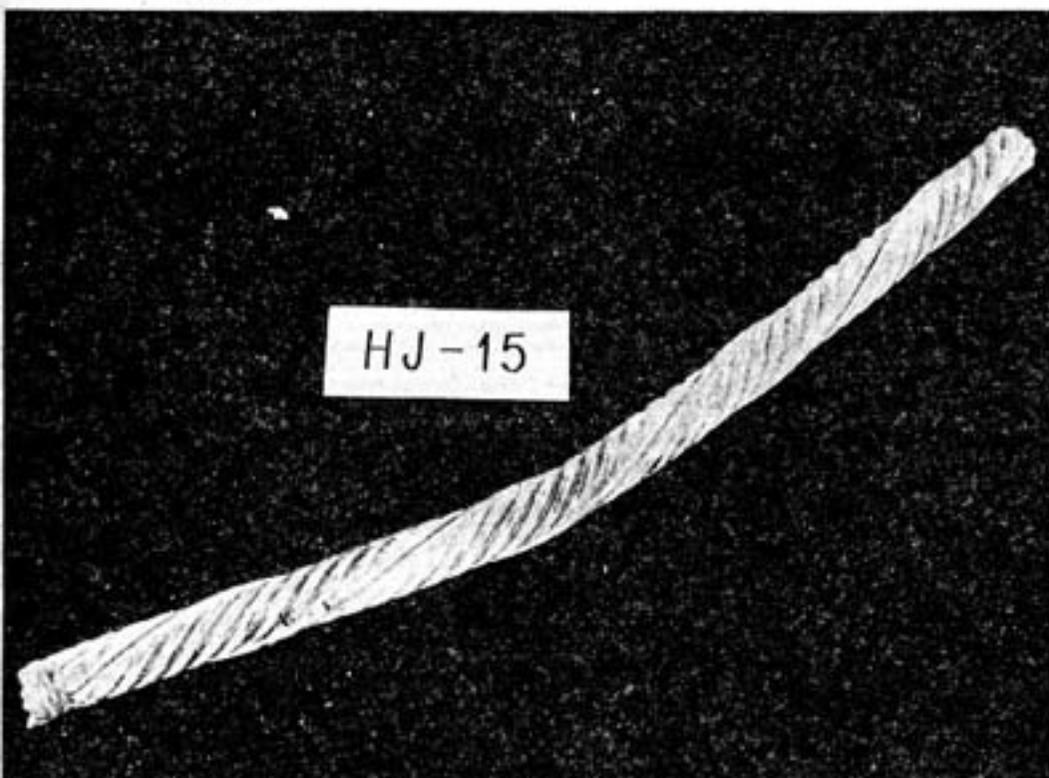


Fig. 7

En el extremo inferior izquierdo se observa una soldadura fracturada. La zona cercana a la fractura no muestra deformación por tensión o flexión. La fig. 7 es una vista perpendicular a la superficie de fractura exhibiendo el hueco que dejó la otra barra unida por esta soldadura. No se observa deformación por esfuerzos de corte. La fractura fue frágil. En la parte central pueden verse residuos de escoria. La figura 8 muestra un corte a lo largo del eje de simetría de la barra. Con un ataque químico fue posible revelar el material de aporte de la soldadura y la escoria atrapada. En la fotografía queda claro que no hubo cortes para preparar la soldadura, que el material de aporte del electrodo fue reducido y que la escoria atrapada prácticamente nulificó el amarre.

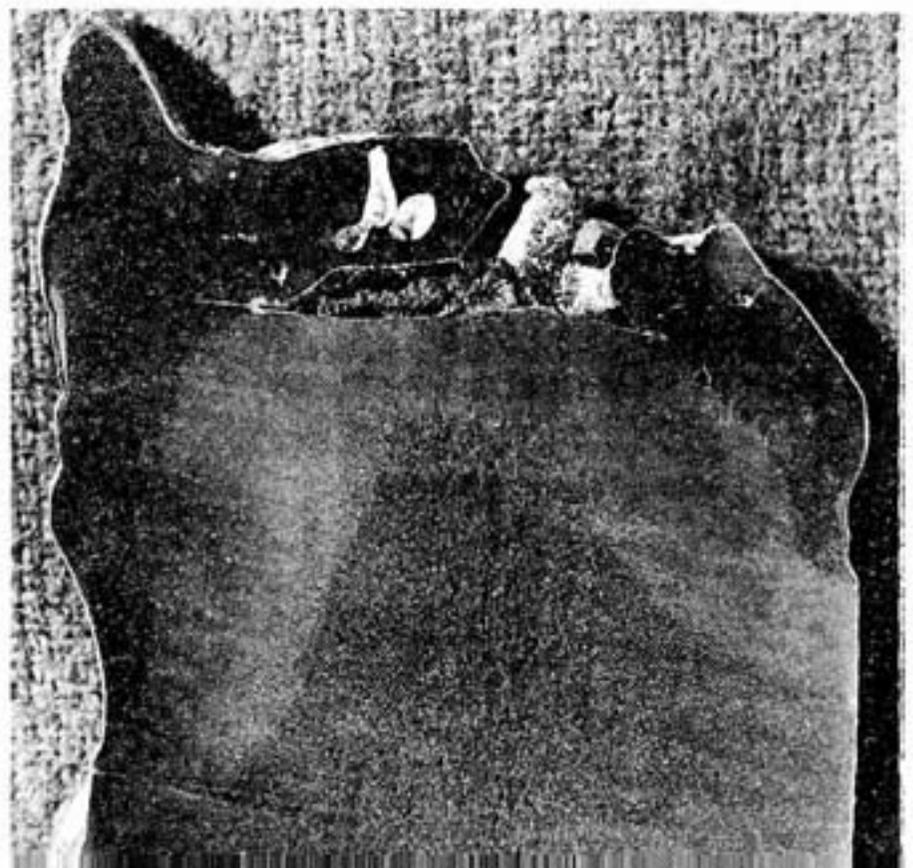
Los errores de ejecución de esta soldadura pueden resumirse como sigue:

- a) No se hicieron los cortes para preparar el área de soldadura.
- b) No se hizo la inspección no destructiva, radiografía por ejemplo, que hubiera detectado el hueco con escoria atrapada.
- c) Se aplicó soldadura en una barra laminada en frío renunciando a sus mejores propiedades mecánicas.

Muestra HJ-5

En la fig. 9 se muestra un trozo de barra corrugada laminada en caliente de 118 cm de largo y de un diámetro nominal de

Fig. 8



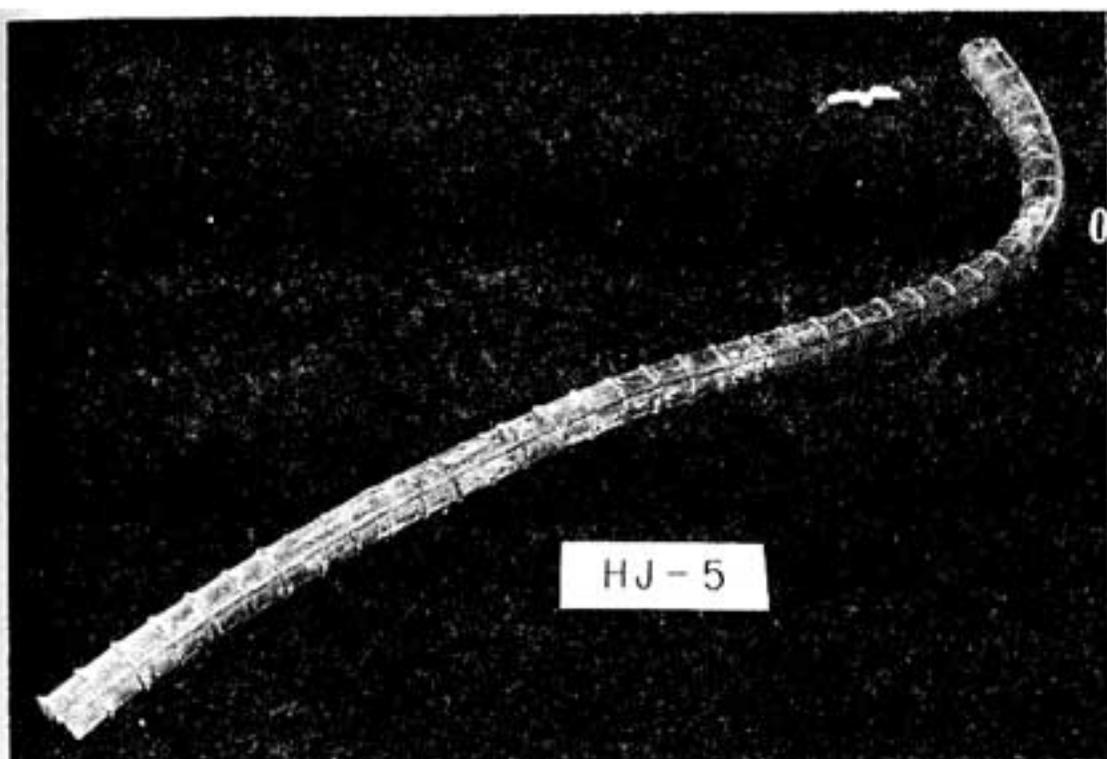


Fig. 9



Fig. 10

38 mm (calibre 12). La muestra fue cortada en el extremo superior derecho de los restos de una columna. En el extremo inferior aparece una superficie de fractura que contiene un poco de material de aporte. En la cercanía de la superficie fracturada, en la barra, no se observan rasgos de deformación por flexión o corte. En la fig. 10 puede verse el área reducida que cubrió el material de aporte, que es porosa, y el área central con escoria. La falla ocurrió por insuficiencia de la zona con material de aporte.

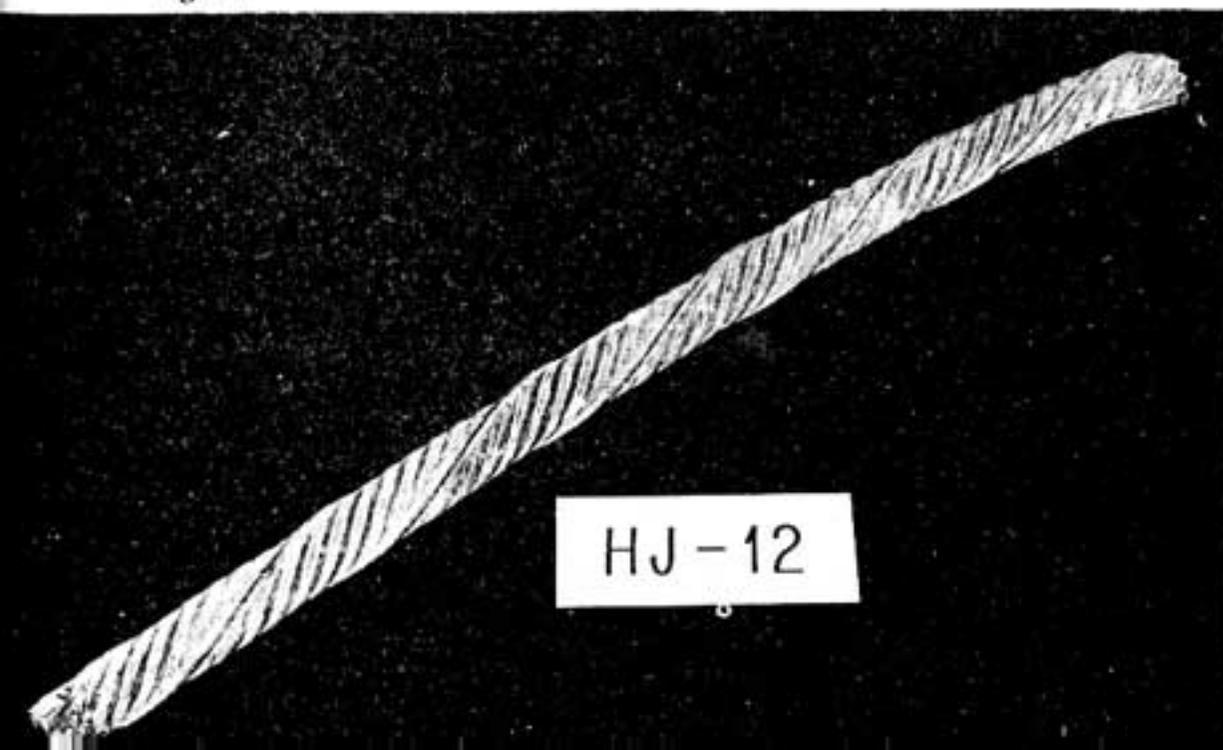
Esta soldadura falló porque:

- a) No se hicieron cortes preparativos.
- b) No se inspeccionó la soldadura. El análisis radiográfico hubiera indicado la pobreza del amarre.

Muestra HJ-12

La fig. 11 muestra una barra corrugada de 69 cm de largo y 38 mm de diámetro.

Fig. 11



En el extremo inferior izquierdo queda visible una soldadura que se fracturó. Cerca de la soldadura no se observan señales de deformación por flexión o tensión. La fig. 12 no muestra rasgos de deformación al corte, la fractura fue frágil. El cuadrante inferior izquierdo de la superficie fracturada contiene concreto que se fraguó en ese sitio. Es decir, previamente a la colada la soldadura ya tenía una grieta de dimensiones considerables. En la parte central pueden detectarse residuos de escoria. La superficie de fractura y la unión soldada con la barra hacen suponer que la soldadura no tuvo preparación. En resumen, esta soldadura es defectuosa por:

- a) En la unión se dejó una caverna con comunicación al exterior.
- b) No se supervisó. Una inspección ocular revelaría la grieta.
- c) El interior contiene escoria.
- d) La soldadura tiene porosidad.

El puro hecho de encontrar cuatro soldaduras mal realizadas en un edificio no permite afirmar que el total de soldaduras se encuentre en esta situación. Por ello el grupo de Metalurgia realiza un cálculo del que infiere que la probabilidad de que el soldeo fuese realizado por personal calificado es de uno de 10,000. Desde un punto de vista formal hacer cálculo de probabilidad es una manera de llegar a una conclusión, y nos parece consistente con el trabajo realizado por el grupo. Nosotros nos permitiremos pedir al lector que obtenga su propia conclusión, solicitando incorpore a la información antes expuesta los datos que tenga sobre la calidad de las obras públicas —edificios, carreteras, hospitales— que realizan contratistas para el gobierno. ⊕

Fig. 12

