

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo se realizará una explicación detallada de los costos del proyecto, de los materiales y demás elementos que fueron necesarios para la ejecución del este estudio. Los gastos del presente son responsabilidad exclusiva de las ejecutoras del proyecto.

A continuación se especifican los costos directos los cuales son los que intervienen de manera directa en el proyecto

6.1 COSTOS DIRECTOS

6.1.1 MATERIALES PARA LAS PROBETAS DE ENSAYO.

Se utilizó una plancha de acero de las dimensiones especificadas, para obtener las 24 probetas necesarias para realizar el proyecto, de las dimensiones que se necesitaron. Además 2lb de electrodos para soldar las probetas. Estos se los considera como materiales directos.

La plancha de acero fue adquirida en AMBATOL, la cual fue fabricada por la empresa IPAC.

Tabla 6.1 Costo de materiales para las probetas de ensayo

Materiales	Características	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Planchas de acero ASTM 36	Ancho: 1220 mm Largo: 2440 mm Espesor: 5 mm	1	\$ 115,56	\$ 115,56
Electrodo E6011	Electrodos AGA	2 lb	\$ 2,40	\$ 4,80
			TOTAL	\$ 120,36

6.1.2 PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS.

Para obtener las probetas para los ensayos se realizó el corte de la plancha con una cortado de plasma.

Tabla 6.2 Costo de preparación de las probetas

Descripción del Proceso	Costo Total
Corte de la plancha de acero	\$ 72
TOTAL	\$ 72

6.1.3 MATERIAL DE LIMPIEZA.

Este material fue necesario para realizar la limpieza de los cordones de soldadura, que es parte del trabajo práctico.

Tabla 6.3 Costo de materiales de limpieza

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Lima escorfina	2	\$ 6	\$ 12
Cepillo de alambre	2	\$ 1,50	\$ 3
		TOTAL	\$ 15

6.1.4 EQUIPO DE SEGURIDAD.

Este material fue necesario para el proceso de soldadura.

Tabla 6.4 Costo del equipo de seguridad

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Guantes de cuero	2	\$ 6	\$ 12
Orejeras	2	\$ 2	\$ 4
Casco de soldar	2	\$ 5	\$ 10
Mandil	2	\$ 10	\$ 20
TOTAL			\$ 46

6.1.5 ELEMENTOS DE MEDICIÓN

Para realizar el ensayo de las probetas mediante la técnica del agujero perforado fue indispensable la adquisición de galgas extensiométricas (strain gage) y terminals pads. Estos elementos son de la fábrica OMEGA.

Tabla 6.5 Costo de los elementos de medición

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
SG-3/120-LY13-OMEGA (paquetes de 10 unidades)	8	\$110	\$880
Terminal Pads BTP-3 (paquetes de 50 unidades)	2	\$58	\$116
Subtotal			\$996
12%IVA			\$119,52
TOTAL			\$1 115,52

La compra de estos elementos se realizó mediante la empresa PROTECO COASIN SA, que es una empresa de transferencia de tecnología y telecomunicaciones, además ofrece soporte técnico y proyectos en telecomunicaciones inalámbricas, video conferencia, video vigilancia, también se dedica a la importación, venta y distribución de equipos de telecomunicaciones e instrumentos electrónicos y eléctricos. Esta empresa abasteció al Laboratorio de Mecánica de Materiales de los mismos equipos e instrumentos, por esta razón se realizó la adquisición con esta empresa.

6.1.6 ELEMENTOS DE INSTALACIÓN DE LAS GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS

Los materiales propios para el proceso de instalación de las galgas extensiométricas en las probetas son los que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6.6 Costo de los elementos de instalación de las galgas extensiométricas

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Estaño	1	\$13,48	\$13,48
Fundente	1	\$3,20	\$3,20
Cinta adhesiva	1	\$0,25	\$0,25
Silicona	1	\$1,20	\$1,20
Silicona líquida	1	\$1	\$1
Brujita	3	\$1,40	\$4,20
Cable de transferencia de datos	6 m	\$1,85	\$11,10
Compás	2	\$8	\$16
Punzones	2	\$1	\$2

Tabla 6.6 Costo de los elementos de instalación de las galgas extensiométricas (continuación)

Martillo	1	\$2,80	\$2,80
Marcadores	4	\$4,50	\$18
Lijas #100, 180, 500	6	\$ 1,50	\$ 1,50
Guantes	2	\$0,50	\$ 1
Piedras pulir Dronco	1	\$ 4	\$ 4
Flexómetro	1	\$1,80	\$1,80
		TOTAL	\$ 81,53

El costo del uso de los equipos de laboratorio no se detalla debido a que el Departamento de la Carrera, nos permitió el uso de los laboratorios de la universidad.

Los costos del soldador tampoco se detallan ya que se contó con la colaboración de los soldadores forman parte del grupo de trabajo de la Fabrica Santa Bárbara, por lo tanto no tenemos un costo de mano de obra directa en esta elaboración.

6.2 COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos son aquellos que no intervienen en ninguna fase de la realización de los ensayos de las probetas pero formaron parte de la elaboración del proyecto.

Varios gastos realizados son: la adquisición del libro "HEAT EFFECTS OF WELDING" del autor Dieter Radaj, el cual aportó importante información para el proyecto; y además de asistir al curso de capacitación de la Norma AWS D1.1., organizado por el grupo ASME sección estudiantil de la Escuela Politécnica del Ejército, el cual tuvo un costo de \$100 por persona.

6.2.1 CURSO DE CAPACITACIÓN Y ADQUISICIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

Tabla 6.7 Costo del curso de capacitación y adquisición de bibliografía

Descripción	Costo
Heat effects Of Welding	\$200
Curso de la Norma AWS D1.1	\$ 200
TOTAL	\$400

6.2.2 COSTOS MISCELÁNEOS

A continuación se presentan costos misceláneos que se realizaron en el transcurso del proyecto:

Tabla 6.8 Costos Misceláneos

Descripción	Costo
Material de oficina	\$ 140
Servicio de Internet	\$ 70
Uso de vehículo	\$ 80
Fotocopias	\$ 80
Impresiones	\$ 150
Servicios Básicos	\$ 100
Materiales varios	\$ 50
TOTAL	\$ 670

6.3 COSTOS TOTALES

En la siguiente tabla se presenta los costos directos e indirectos del proyecto.

Tabla 6.9 Costos Directos

COSTOS DIRECTOS	
Materiales para las probetas de ensayo	\$ 120,36
Preparación de las probetas	\$ 72
Material de limpieza	\$ 16,80
Equipo de seguridad	\$ 46
Elementos de medición	\$1.115,52
Elementos de instalación para las galgas extensiométricas	\$ 81,53
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	\$ 1.452,21

Tabla 6.10 Costos Indirectos

COSTO INDIRECTO	
Curso de capacitación y adquisición de bibliografía	\$ 400
Costos Misceláneos	\$ 670
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	\$ 1070

Tabla 6.11 Costo Total

Costos Directos	\$ 1.452,11
Costos Indirectos	\$ 1.070,00
COSTO TOTAL	\$ 2.522,11

Se debe tomar muy en cuenta todos los gastos, ya que es importante reconocer cual fue la inversión para el estudio que se realizó, ya que la utilidad depende de los resultados del mismo y el beneficio que brinde para futuras investigaciones.

CAPÍTULO 7.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. Se pudo cuantificar los valores de los esfuerzos residuales en juntas soldadas con diferentes parámetros, utilizando la técnica de aliviación de esfuerzos con el método del agujero perforado.
2. La técnica seleccionada para medir los esfuerzos residuales se la pudo realizar en los laboratorios del Departamento sin ningún tipo de inconvenientes, ya que se contó con todos los materiales necesarios para su aplicación.
3. Realizar un buen diseño y preparación de la junta es muy importante para poder obtener los resultados deseados, debido a que la separación entre las placas no fue la correcta, al realizar la soldadura no hubo penetración completa, lo que afectó la obtención de medidas del cordón de soldadura.
4. Los esfuerzos residuales máximos medidos en las placas no superan el valor de la fluencia del acero A36 que es de 250 MPa, a excepción de 4 probetas que representan 16,7%, porque existió problemas en la colocación de las galgas.
5. El 62,5% (15 probetas) de los esfuerzos residuales máximos se encuentran a tracción y el 83,33% (20 probetas) de los esfuerzos residuales mínimos se encuentran a compresión; comprobándose lo que predice la teoría.
6. El comportamiento de los esfuerzos residuales para cada grupo y comparados por categorías como velocidad y por tipo de corriente, no sigue un patrón determinado, por lo que no se puede establecer variables para predecir los valores de las concentraciones
7. Los cálculos de los esfuerzos residuales se lo realizó con las deformaciones unitarias obtenidas después de estabilizarse las mismas, ya que en el

proyecto no se utilizó un taladro de alta velocidad, como sugiere la norma ASTM E837.

8. Comparando los esfuerzos residuales con las distorsiones medidas se concluye que en las placas soldadas con corriente continua, el esfuerzo mayor tiene una menor distorsión y en las placas soldadas con corriente alterna, tiene una relación directa los mayores esfuerzos tienen mayor valor de distorsión.
9. En este proyecto, el agujero se realizó en el centro de la probeta lo más cerca posible al cordón de soldadura, ya que en esta zona el calor se disipa con mayor dificultad que en los extremos. Fue taladrada a 2,5cm del centro del cordón y a 15cm de los extremos.
10. Un factor incidente para la aparición de mayores esfuerzos residuales es la velocidad de soldeo que afecta directamente a la cantidad de calor aportado en las placas así como el voltaje y el amperaje, pero no estos son determinantes en el cálculo de los esfuerzos.
11. Los parámetros de voltaje y amperaje pueden ser fácilmente medidos y controlados al contrario de la velocidad de soldeo que depende de la destreza y habilidad del soldador.
12. Si se desea conocer los valores de los esfuerzos residuales es estrictamente necesario realizar algún método de medición; porque no pueden ser predecidos.
13. En todas las probetas se cumple que los esfuerzos máximos son mayores a los mínimos. En el 75% del total que equivalen a 6 probetas, el esfuerzo máximo es de tracción.
14. Los valores de las distorsiones no presentan mayor diferencia entre las probetas soldadas con AC y DC. Las distorsiones transversales por geometría tienen valores parecidos y una tendencia similar; en las distorsiones longitudinales por geometría se encuentra una diferencia

máxima de 0,20cm, y en las distorsiones transversales por calor existe una diferencia de 0,062cm.

15. Las deformaciones longitudinales, se presentan aproximadamente como el 0,22% de la longitud total del cordón de soldadura. Y las deformaciones transversales, en las probetas soldadas con corriente directa son el 0,23% y con corriente alterna son el 0,18%.
16. Los errores en las deformaciones transversales por geometría están en un promedio de 115% y las deformaciones por calor están alrededor del 74%, estas tienen menor error porque fueron calculadas en base al calor, que fue calculado con los parámetros medidos, voltaje y amperaje.

7.2 RECOMENDACIONES

1. Al lograr comprobar que se puede aplicar técnica del agujero perforado para medir los esfuerzos residuales, se debe continuar con las investigaciones en este campo especialmente enfocando a como estos esfuerzos afectan las propiedades y comportamiento del acero.
2. Es preferible que en la aplicación del método se utilicen rosetas de deformaciones, especialmente diseñadas para este tipo de ensayos para tener mayor exactitud en las medidas de deformaciones unitarias y tener cálculos más precisos.
3. El proceso de colocación y medición de las galgas extensiométricas es de extrema precaución ya que estos sensores tienen alta sensibilidad y por su tamaño son frágiles, en el caso de que estén mal colocados las medidas pueden ser erróneas. Además estos sensores tienen una sola vida, no se pueden volver a usar y por esto se debe tener mucho cuidado para que las medidas sean confiables.
4. También es importante que se tome en cuenta el recubrimiento que se utilice para las galgas extensiométricas para evitar que los terminales y el

cable del sensor han contacto con la viruta propia del proceso de taladrado, en este proyecto se colocó silicona líquida la que se debe dejar secar completamente porque este sensor, por su sensibilidad mide las deformaciones que se dan por el proceso de solidificación de este compuesto. Se aclara que esto no afecta a los resultados ya que después se encera y por lo tanto comienza a medir las deformaciones por el taladrado.

5. La única forma de verificar conocer si las galgas extensiométricas están bien colocadas, es comprobando el funcionamiento, no debe existir variabilidad cuando ya se comienza a deformar; los valores tienen coherencia, en este proyecto cuando se comienza a taladrar la probeta, los sensores debían comenzar con medidas negativas ya que por la presión de la broca en la placa, la red del sensor se comprime entonces, es una forma de comprobar que están bien colocadas.
6. Se recomienda para realizar este tipo de ensayos el uso de rosetas de deformaciones que son adecuadas para estas mediciones, ya que la colocación de 3 galgas correctamente espaciadas y orientadas en un pequeño círculo, como en este proyecto, induce a que exista errores en los resultados, por la falta de exactitud.
7. Que para la realización de estudios posteriores, si se quiere obtener mayores esfuerzos residuales la probeta debe tener algún tipo de restricción.
8. Se recomienda que se establezca un horario para el uso de los laboratorios de la Carrera para los tesis, que conste dentro del horario de trabajo de los mismos, para que se brinde una mayor facilidad para la realización de los proyectos de tesis.