

CÁLCULO DEL COSTO VARIABLE DE SOLDADURA EN TANQUES API

Juan Córdova Procel

✉ jrcordova3@espe.edu.ec
✉ robertoprocel@hotmail.com
Universidad de las Fuerzas Armadas - Ecuador

Blanca Vargas Guambo

✉ blanca.vargas@esPOCH.edu.ec
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador

Gloria Miño Cascante

✉ gloria.mino@esPOCH.edu.ec
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador

Paúl Vega Cortez

✉ paul.vega@esPOCH.edu.ec
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador

RESUMEN

Manejar costos en el área de soldadura de productos metalmecánicos es de gran importancia, así lo citan diversos autores, específicamente desde el punto de vista gerencial para una oportuna y correcta toma de decisiones al momento presupuestar para la venta este tipo de productos. Esta investigación del tipo descriptivo con método deductivo se basó en datos obtenidos en la construcción de veinte tanques para el almacenamiento de petróleo en el oriente ecuatoriano, y tuvo como objetivo hallar un modelo matemático que permita a los profesionales que manejan costos y presupuestos en el área de la metalmecánica, contar con una herramienta confiable para los cálculos de costos variables de soldadura y las horas de mano de obra que este proceso constructivo implica. En el mercado existen múltiples opciones para obtener estos datos, uno de ellos es el manejo de catálogos que publican los fabricantes de soldadura, sin embargo, se los puede considerar ideales mientras que los obtenidos en el presente trabajo son fruto de datos empíricos, donde se obtuvo un margen de error de hasta el 3% cuando se comparó los costos presupuestados es decir antes de la ejecución versus los costos reales.

Palabras clave: costeo soldadura, soldadura, presupuesto.

ABSTRACT

Managing costs in the area of welding of metalworking products is of great importance, as cited by various authors, specifically from the management point of view for a timely and correct decision making when budgeting for the sale of this type of products. This research of the descriptive type with deductive method was based on data obtained in the construction of twenty oil storage tanks in eastern Ecuador, and aimed to find a mathematical model that allows professionals to manage costs and budgets in the area of metalworking, have a reliable tool for calculating variable welding costs and the hours of labor that this construction process implies. In the market there are multiple options to obtain this data, one of them is the handling of catalogs published by welding manufacturers, however, they can be considered ideal while those obtained in this work are the result of empirical data, where It obtained a margin of error of up to 3% when comparing budgeted costs, that is, before execution versus actual costs.

Keywords: welding cost, welding, budget

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad contar con la mayor información referente a los costos que implica los procesos productivos es de vital importancia sobre todo para los gerentes departamentales responsables de la toma de decisiones en la planeación, diseño, mantenimiento, política de precio, entre otras, indica que los costos de producción son todos los rubros en los que se incurre para hacer la transformación de las materias primas con la participación de los recursos humanos y técnicos, e insumos necesarios para obtener los productos requeridos.

Mientras(Sardinha et al., 2018) indica que costo es un conjunto de gastos. Así, por ejemplo, el gasto de los materiales consumidos para elaborar un producto, el gasto en sueldos y salarios del personal de producción y otros gastos diferentes generados en el área de producción por conceptos tales como electricidad, combustibles, mantenimiento, por citar algunos, de un periodo, conforman lo que se denomina el costo de producción.

Así también (Lamban, Royo, Valencia, Berges, & Galar, 2013) cita que el precio de venta en un mundo globalizado en la mayoría de los casos, lo determina el mercado; por lo tanto, para que los productos y servicios puedan participar y ser competitivos, deben partir del precio de venta que fija el mercado; restarle el porcentaje de utilidad deseado, para llegar al costo total objetivo.

El costo total objetivo debe estar soportado por una estructura de costos, también objetivo, de cada una de las funciones de compra, producción, distribución, venta y

administración. Los responsables de dichas funciones deberán conocer la participación que tienen en el costo y buscar la manera de mejorar la parte operativa y/o financiera que les corresponda, con la finalidad de reducir sus costos, sin descuidar la calidad del producto o servicio y la imagen de la empresa.

Cuando el precio lo impone el mercado una de las maneras de obtener su valor es como lo muestra la figura 1, es así que mientras más bajo sea el costo total el margen de utilidad será mayor.

En tal virtud para el caso específico de costos en la manufactura de productos metalmecánicos tales como Tanques API en la industria del petróleo es imperante que se cuente con estadísticos o base de datos de los costos variables indirectos que se desarrollan en campo.

Como se observa en la figura 2 los equipos como objeto de estudio deben ser manufacturados en campo debido a su gran tamaño, mismos que sirven para almacenamiento de petróleo, agua, los cuales difieren en dimensiones, tipos, y otras características propias del diseño mecánico. Estos equipos generalmente son prefabricados en un taller especializado y luego transportado en secciones hasta su sitio de montaje, que son las subestaciones donde se extrae el crudo.

Al ser prefabricados en taller el manejo de costos variables se hacen manejables por la facilidad de su control, más no así cuando se lo realizan los trabajos en campo, para lo cual es necesario llevar control y estadísticos de varios proyectos desarrollados.

Así (Ramirez, Niebles, & Toores, 2009) indica que al diseñar y manufacturar un equipo éste debe responder a las necesidades de la empresa, generando el mayor efecto económico y los índices más altos técnicos-económicos y de explotación como alta productividad, rendimiento económico y fiable, peso y dimensiones mínimas, un elevado grado de automatización y un fácil y sencillo manejo de la seguridad del servicio.

En el Ecuador normalmente las empresas constructoras de productos metalmecánicos son invitadas a participar en ofertas, las que son evaluadas en menor precio, menor tiempo de ejecución, estándar de calidad, entre otras variables que deben cumplir dependiendo de los requerimientos de los contratantes.

Es así como la importancia de contar con una base de datos de proyectos ya ejecutados es alta, sobre todo con esta información crear índices de producción, costos variables, tiempos de ejecución entre otros para facilitar la tarea a los responsables de manejar los presupuestos.

(Cañas, 1998) Indica que a menudo se necesita saber con rapidez y fiabilidad cuánto puede pesar y costar un tanque de almacenamiento, o todos los tanques de un parque completo de almacenamiento, a partir de una información preliminar, y para ello es bueno tener algún procedimiento que nos permita conocerlo. Incluso en estimaciones detalladas en las que se van a pedir ofertas a suministradores, es conveniente que el departamento de estimaciones tenga procedimientos rápidos que sirvan para poder trabajar sin necesidad de esperar a la llegada de las ofertas y para contrastar y comparar éstas cuando nos lleguen.

Los tanques que son diseñados bajo norma API 650 son soldados en campo (Bazán, 2002; Vallejo, 2013) Indican que la soldadura por arco de metal protegido es uno de los procesos más ampliamente utilizados, sobre todo para soldaduras cortas en trabajos de producción, mantenimiento y reparación, y para construcción en el campo.

Si en verdad existen múltiples métodos de llegar a conocer los costos de variables unitarios en el montaje de tanques API uno de ellos es como indica (Vallejo, 2013) que se basa en la cantidad de metal de soldadura depositado para completar la unión o junta, para calcular la cantidad de material depositado. Este es el cálculo el cual se utiliza para determinar la cantidad de metal de soldadura para aplicaciones como soldadura de relleno y revestimiento; esta presentado la información para usarlo con acero, pero se lo puede aplicar para otros metales aplicando su determinada densidad, otra forma es como lo presenta (Lincoln, 2010) en su catálogo los diferentes métodos de cálculo que muestra la empresa, sin embargo todas estas metodologías en muchos casos difieren de la realidad ya que son experimentales e ideales sin considerar muchos aspectos propios de los trabajos de campo tales como lluvia, tipo de electrodo, alturas de trabajo entre otros.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se consideró la información recabada durante cuatro años en el montaje de veinte tanques de almacenamiento de petróleo, en el oriente ecuatoriano con las siguientes características.

- Forma constructiva: Techo cónico / Techo domo

- Norma de fabricación: API 650
- Tipo de lámina: ASTM A36
- Electrodo: E 6010 / E 6013

Las variables consideradas para la base de datos fueron las siguientes

- Cantidad de soldadura depositada
- Longitud de soldadura
- Tipo de junta
- Procedimientos a utilizar (proceso)

En la etapa de planificación y de presupuestos de cada proyecto, se procedió a calcular la cantidad de soldadura a utilizarse mediante varias estrategias que se puede citar así:

- a. Medición de metros lineales visto en planos de juntas horizontales y verticales, en cuerpo, fondo, techo, accesorios y el uso de tablas de rendimiento para electrodos de fabricantes tales como Indura, Lincoln, AWS.
- b. Multiplicar el peso específico de la cantidad a fundir por el índice de rendimiento, según experiencia de los ingenieros encargados en los presupuestos.
- c. Considerar datos históricos de trabajos realizados de eficiencia en horas-hombre versus toneladas soldadas.
- d. La cantidad de soldadura consumida se verificó a través de documentos y plantillas de control de calidad, comparados con inventarios de bodega entregados en las jornadas diarias a los soldadores.
- e. Los datos obtenidos se tabular para analizarlos estadísticamente.

Los factores que se consideraron ideales

y sin variación en el estudio fue la mano de obra directa, máquinas utilizadas, diseño de junta, tipos de electrodos, códigos de construcción y de control de calidad. Un dato importante que se deberá considerar en los resultados obtenidos es la rigurosidad que aplique la fiscalización para la aceptación o rechazo del producto terminado.

Adicionalmente, en el presente estudio se analizó las horas-hombre utilizadas para las tareas de soldadura y montaje, que se hizo revisando los reportes de trabajos de campo mensualmente versus las planeadas.

Una variable que no se puede dejar de lado es la calidad del producto terminado. Como indicador se puede notar que todos los equipos fueron recibidos a satisfacción por el cliente final y los documentos de control de calidad de ensayos no destructivos en las juntas se cumplieron, conforme la norma API 650 lo sugiere.

Los electrodos revestidos que se utilizaron en el proceso de suelda fueron según indica API 650, CAP 5.

- E7018
- E6010
- E6013

3. RESULTADOS

El objetivo del presente estudio fue el de obtener una metodología confiable y presupuestar con margen de error mínimos el costo de soldadura necesaria para un tanque API, es así que se analizó las variables que involucran en el proceso de montaje de este tipo de equipos utilizados en el área petrolera.

El costo de soldadura depositada se determina de la siguiente forma.

$$C_S = P * W_S$$

Ecuación 1: Costo de Soldadura

Donde

Cs = Costo de soldadura

P = Precio del material de aporte (\$ / Kg)

Ws = Peso de soldadura depositada (Kg)

El peso de soldadura depositada se obtiene a partir de la Figura 5, donde se lo relaciona con el peso total del tanque visto en planos.

La ecuación que relaciona el peso del tanque con el peso del material de aporte es la siguiente.

$$W_S = 0.0514 W_T^{0.99303}$$

Ecuación 2: Peso de soldadura

Donde:

WT = Peso del Tanque (Kg)

Para obtener el modelo matemático del costo de soldadura se reemplaza la ecuación uno en la ecuación dos, así;

$$C_S = P * 0,0514 W_T^{0,9303}$$

Ecuación 3: Costo de soldadura

Otra vía rápida para calcular el costo de soldadura depositada, es con la media porcentual entre relación de soldadura aplicada y peso del tanque.

$$C_S = P * 2,3 \% W_T$$

Ecuación 4: Costo de soldadura

Hay que considerar que estos modelos

rigen únicamente para el proceso de soldadura SMAW e incluye ya las pérdidas propias del proceso como por ejemplo uso parcial del electrodo, pérdida por humedad, entre otros.

La variable horas-hombre según la Figura 7 necesarias en el proceso de soldadura se lo puede calcular con relación al peso del tanque como sigue.

$$H_H = - 1 x 10^{(-7)} * W_T^2 + 0,0412 W_T - 910,13$$

Ecuación 5: Horas-Hombre

Donde:

HH = Horas Hombre (soldador)

WT = Peso del Tanque (Kg)

Al multiplicar el costo de la hora hombre por el resultado de la ecuación cinco se obtendrá un aproximado del costo de mano de obra de soldadores, sin olvidar la eficiencia y número de trabajadores considerados para esta actividad.

Según el análisis Pearson se verifica que existe correlación con una significancia bilateral menor a 1,00 en todas las variables estudiadas.

4. DISCUSIÓN

Debido a la importancia de conocer de forma confiable y precisa el costo de soldadura en el montaje de tanques API, se ha mostrado un modelo para cumplir con ese propósito y dar una alternativa a los profesionales que se dedican a realizar presupuestos de estos equipos y ser más eficientes en sus predicciones de costos. El

modelo presentado servirá para el proceso de soldadura con electrodo, el cual difiere con los datos que se obtienen con sobre todo con los catálogos de los fabricantes en vista de que estos son ideales, mientras que los obtenidos en esta investigación fueron fruto de proyectos reales donde intervienen fueron analizadas variables tales como condiciones climáticas, eficiencia del operador, tiempos muertos entre otros. De este estudio podrá servir como línea base para otros procesos de soldadura.

5. CONCLUSIONES

- En esta investigación se presentan alternativas para estimar el costo de soldadura en tanque API, sin embargo, hay que notar que no se consideró para el estudio los costos de consumibles, electricidad, depreciación de equipos, mano de obra indirecta, control de calidad entre otros, que obligadamente deberán incluirse en el momento de generar el presupuesto global del equipo.
- Por otro lado, se concluye que el modelo presentado difiere de las tablas que manejan los catálogos de soldadura con al menos 20%, los que se analizaron y se llegó a la conclusión que los datos de los catálogos no consideran variables propias de trabajo de campo, como lluvia, eficiencia de la máquina, eficiencia y experiencia del operario, entre otros.
- Se comparó la cantidad de soldadura utilizada en los cuatro últimos tanques con los planificados donde se utilizó el modelo matemático, y el error fue de hasta el 3% de diferencia, el cual es aceptable.
- Por otro lado, el modelo presentado

para el cálculo de horas hombre, es muy importante considerar que este valor sirve para la planificación y armar el cronograma de trabajo, se lo dividirá para las horas que dicte el código de trabajo, para el caso de Ecuador es de 40 horas semanales, y se hallará el total de personas necesarias para el desarrollo de este proceso constructivo.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores agradecen a las empresas Industria Acero de los Andes y Sertecpet, que siempre apoyan incondicionalmente al desarrollo de la investigación ligada con la industria.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abril, J., & Vergara, C. (2015). Implementación de una metodología para la estimación de costos de soldadura y consumibles con el proceso gmaw en las dos sucursales en bogotá de compañía general de aceros. Universidad Libre.
2. Alfonso, G. R., & Fredy, F. J. (2016). Modelo matemático para resolver el problema de localización y ruteo con restricciones de capacidad considerando flota propia y subcontratada Mathematical Model for Capacitated Location Routing Problem with Private Fleet. Ingeniería Investigación y Tecnología, 17(número 3), 357–369. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.07.006>
3. Antlinger, H., Clara, S., Beigelbeck, R., Cerimovic, S., Keplinger, F., & Jakoby, B. (2012). An acoustic transmission sensor for the longitudinal viscosity of fluids. Procedia Engineering, 47,

- 248–252. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.09.130>
4. Arias, L. (2015). Alternativas para optimizar los tiempos y costos en el proceso de soldadura en el área de water de la empresa independence drilling S.A. Fundación Universitaria los Libertadores.
 5. Arias, V., & Daniel, C. (2013). Diseño e implementación del sistema SCADA para la visualización de niveles de tanques de diesel para el consumo de las turbinas de generación eléctrica de la refinería la libertad de EP Petroecuador. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6876>
 6. Bartnik, R., Hnydiuk-Stefan, A., & Buryń, Z. (2018). Analysis of the impact of technical and economic parameters on the specific cost of electricity production. *Energy*, 147, 965–979. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.014>
 7. Bazán, C. (2002). Determinación de electrodos y cálculo de costos desoldadura al arco asistidos por computadora. universidad de piura.
 8. Boretti, a. (2018). cost and production of solar thermal and solar photovoltaics power plants in the united states. *renewable energy focus*, 26(00), 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2018.07.002>
 9. Cadena, g., & criollo, o. (2016). determinación de los parámetros óptimos de separación y tratamiento de petróleo crudo en el campo oso del bloque 7 en el oriente ecuatoriano. escuela politécnica nacional.
 10. Cai, y., chen, d., li, n., li, h., he, j., lu, j., ... lu, j. (2018). a smart membrane with antifouling capability and switchable oil wettability for oil / water emulsions separation. *journal of membrane science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.03.042>
 11. Cañas, f. f. estimacion rapida del precio de un tanque de almacenamiento, ingeniería química 2–4 (1998).
 12. Chacón, g., bustos, c., & rojas, e. s. (2006). los procesos de producción y la contabilidad de costos. mérida. venezuela, 12, 16–26. retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/257/25701203.pdf>
 13. Chávez, j. (2015). diseño y simulación de separadores horizontal y vertical de tres fases. universidad de las fuerzas armadas. retrieved from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10385/1/t-espe-048867.pdf>
 14. Chen, l., wu, s., lu, h., huang, k., & zhao, l. (2015). numerical simulation and structural optimization of the inclined oil / water separator. *plos one*, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124095>
 15. choi, s., cho, h., & lissenden, c. j. (2018). nondestructive inspection of spent nuclear fuel storage canisters using shear horizontal guided waves. *nuclear engineering and technology*, 50(6), 890–898. <https://doi.org/10.1016/j.net.2018.04.011>
 16. Cruz, j. (2017). selección del proceso de soldadura para el montaje de dos tanques de gasolina, como alternativa para los trabajos metalmecánicos en la refinería conchán de petroperú s.a. universidad nacional tecnológica de lima sur.
 17. Drums, s., collection, l., pads, d., breakers, v., piping, d., & figure, s. (2017). cálculos de costos de soldadura. *the engineer's guide to plant layout and piping design for the oil and gas industries*, (c), 1–4. <https://>

- doi.org/10.15713/ins.mmj.3
18. Eduardo, g., fernando, h. m., vladimirovna, p. o., & carlos, g. (2013). aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de distribución an inventory model application with periodic review for the manufacture of distribution transformers. *ingeniería investigación y tecnología*, 16(número 4), 537–551.
 19. Eugenia, d. e., alberto, b. l., carlos, d.-r., & beatriz, p. (2015). desarrollo de un modelo matemático para procesos multivariados mediante balanced six sigma development of a mathematical model for multivariate process. *ingeniería investigación y tecnología*, 16(número 3), 419–430. retrieved from doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.003>
 20. Fatemi, s. m., & sohrabi, m. (2017). relative permeabilities hysteresis for oil/water, gas/water and gas/oil systems in mixed-wet rocks. *journal of petroleum science and engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.11.014>.this
 21. Figure, s. (n.d.). no title no title_2015, (c), 1–4. <https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>
 22. García, d. (2015). software para el cálculo de costos de soldadura en procesos por arco eléctrico. universidad central marta abreu de las villas.
 23. Gebremariam, s. n., & marchetti, j. m. (2018). economics of biodiesel production: review. *energy conversion and management*, 168(february), 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.05.002>
 24. Gebremariam, s. n., marchetti, j. m., boretti, a., bartnik, r., hnydiuk-stefan, a., & buryn, z. (2018). analysis of the impact of technical and economic parameters on the specific cost of electricity production. *energy*, 168(february), 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2018.07.002>
 25. Gray, c., & larson, e. (2009). administración de proyectos (4ta ed.). méxico.
 26. Guilizzoni, m., baccini, b., sotgia, g., pietro, l., & colombo, m. (2018). image-based analysis of intermittent three-phase flow. *international-journal of multiphase flow*. <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2018.06.019>
 27. Indura. (2014). manual de sistemas y materiales de soldadura. 20 octubre. retrieved from [http://www.indura.net/_file/file_2182_manual de soldadura indura 2007.pdf](http://www.indura.net/_file/file_2182_manual%20de%20soldadura%20indura%202007.pdf)
 28. Inglesa. (2008). diseño y cálculo de tanques de almacenamiento.
 29. Ji, m., fang, j., zhang, w., liao, l., cheng, t. c. e., & tan, y. (2018). logistics scheduling to minimize the sum of total weighted inventory cost and transport cost. *computers and industrial engineering*, 120(april), 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.04.041>
 30. Jiménez boulanger, f., & espinoza gutiérrez, c. l. (2007). costos industriales. retrieved from [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=jrd hiwgpe6 0c&oi=fnd&pg=pa1 5&dq=art iculos+d e+cost os&ots=m2b5ozg4s2&sig=1p_pxiyg fs1kqm j2eze5 y5ave4a#v=onepage&q=articulos de costos&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=jrd%20hiwgpe6%200c&oi=fnd&pg=pa15&dq=art%C3%ADculos+de+costos&ots=m2b5ozg4s2&sig=1p_pxiygfs1kqmj2eze5y5ave4a#v=onepage&q=articulos%20de%20costos&f=false)
 31. Kazys, r., mazeika, l., sliteris, r., & raisutis, r. (2014). measurement of viscosity of highly viscous non-newtonian fluids by means of ultrasonic guided waves. *ultrasonics*,

- 54(6), 1714. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2014.02.018>
32. Lamban, p., royo, j., valencia, j., berges, l., & galar, d. (2013). modelo para el cálculo del costo de almacenamiento de un producto: caso de estudio en un entorno logístico model for calculating the storage cost of a product: study. *dyna*, 80, 1–13. retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/rt/printfriendly/30587/45285>
33. Lincoln. (2010). catálogo de electrodos. barquisimeto.
34. Manuel, g. h. (2016). la heurística ldmtp: una metodología híbrida basada en el problema de transporte para el diseño óptimo de la distribución de planta the ldmtp heuristic: a hybrid methodology based on the transportation problem for the optimal design of plant layout. *ingeniería investigación y tecnología*, 17(número 4), 463–478. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.11.006>
35. Manuel, i. j., arturo, c., & berenice, y. c. (2016). estudio comparativo del impacto de la media y varianza del tiempo de entrega y de la demanda en el costo del inventario a comparative study about the impact of the mean and variance of lead time and demand on the inventory cost. *ingeniería investigación y tecnología*, 17(número 3), 371–381. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.07.007>
36. Martínez, m. (2011). diseño conceptual de separadores. maracaibo.
37. Mouallem, c. (2014). perspectives for use of hydraulic fracturing in oil and gas production. *mining mineracao*, 67(4), 373–378. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/0370-44672014670168> carlos
38. Naderipor, i., & khorshidi, j. (2015). the experimental study on effects of height and hold up on performance of vertical gas-liquid separator using amin contactor tower. *ciencia e natura*, 37(6–1), 93–103. retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467547682015%0ahow>
39. Neumann, s. m., wittstock, n., schaaf, u. s. van der, & karbstein, h. p. (2017). interactions in water in oil in water double emulsions: systematical investigations on the interfacial properties and emulsion structure of the outer oil in water emulsion. *colloids and surfaces a*, 537, 524–531. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.10.070>
40. Ramirez, h., niebles, e., & toores, j. (2009). diseño para la fabricación y ensamble de productos soldados (ediciones). barranquilla.
41. Rianza, s., cortés, f. b., & otalvaro, j. (2014). emulsions with heavy crude oil in presence of nanoparticles. *boletín de ciencias de la tierra*, 36, 55–68. retrieved from <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rbct%0aemulsions>
42. Robledo, d. m., gómez, j. a. s., & barrada, j. e. g. (2011). estudio de productividad en la soldadura del acero mil a 46100 con los procesos gmaw y smaw. *revista facultad de ingeniería universidad de antioquia*, 59(1), 66–74. retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-62302011000300007
43. Rodríguez, g., chávez, j., rodríguez, b., & chirinos, a. (2007). gestión de costos de producción en el sector metalmeccánico de la región zuliana. *revista de ciencias sociales (ve)*, 13(3), 455–467. retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo>

oa?id=28011681007

44. odriguez, j. (n.d.). diseño metodologico para la estimacion de costos de producción de soldadura para el mantenimiento de lineas de transporte de hidrocarburos. universidad libre.
45. Sardinha, f., pravia, p., caridad, m., corella, v., manuel, c., ferreira, l., ... corella, v. (2018). indicadores de costos logísticos ambientales en cadena suministros de combustibles y lubricantes. ciencias holguín, 24. retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181555444007>
46. Tejedor, a. (2006). consideraciones economicas de la soldadura por arco eléctrico. iii er congreso latinoamericano de soldadura.
47. Vallejo, e. (2013). determinación de costos de producción de la planta de facilidades de producción sertecpet para la elaboración de recipientes a presión bajo norma asme y tanques de almacenamiento. escuela politécnica nacional.
48. Velásquez, i., & pereira, j. c. (2014). emulsionesdeaguaencrudo, aspectos generales. ingeniería uc, 21(3), 45–54. retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732643007>
49. Zhang, g., yao, g., li, j., wu, h., liu, z., & li, d. (2018). a new experimental method for measuring the three-phase relative permeability of oil , gas , and water. petroleum science and engineering, 170, 611–619. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.07.015>.