



# FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) INCREMENTA LA CALIDAD DE LA FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA EMPRESA COCYMET DEL SUR S.A.C.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Norberto Gabriel Perez Chavez

Asesor:

Mg. Ing. Julio Douglas Vergara Trujillo

Lima - Perú

2021

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Estrategias de desarrollo</i> .....	32
Tabla 2. <i>Problemas identificados en el área de soldadura</i> .....	37
Tabla 3. <i>Diagnóstico inicial del proceso de soldadura de la empresa Corporación COCYMET del Sur, S.A.C.</i> .....	39
Tabla 4. <i>Frecuencia de ocurrencia de los problemas relacionados con el producto no conforme por soldadura defectuosa.</i> .....	43
Tabla 5. <i>Matriz de los porqué para evaluar la ocurrencia de los problemas relacionados con el producto no conforme por soldadura defectuosa.</i> .....	45
Tabla 6. <i>Registro de fallas en el proceso de soldadura</i> .....	48
Tabla 7. <i>Frecuencia de Fallas en el proceso de soldadura</i> .....	48
Tabla 8. <i>Costos por tipo de reparación de soldadura en la empresa.</i> .....	50
Tabla 9. <i>Producción planificada y producida por la empresa.</i> .....	51
Tabla 10. <i>Producción liberada y producción que cumple con requisitos de calidad.</i> .....	53
Tabla 11. <i>Cronograma de ejecución del plan de mejoras</i> .....	57
Tabla 12. <i>Clasificación de materiales de acuerdo con la Norma ASTM.</i> .....	58
Tabla 13. <i>Propiedades del acero ASTM A36.</i> .....	60
Tabla 14. <i>Clasificación del procedimiento</i> .....	61
Tabla 15. <i>Consideraciones para seleccionar y elaborar un WPS</i> .....	63
Tabla 16. <i>Características del material de aporte para el proceso de soldadura.</i> .....	65
Tabla 17. <i>Ventajas, desventajas y aplicaciones de la inspección visual de probeta (VT).</i> .....	74
Tabla 18. <i>Ventajas, desventajas y aplicaciones de la prueba con líquidos penetrantes</i> .....	76
Tabla 19. <i>Registro de fallas en el proceso de soldadura durante el periodo de evaluación</i> ...	78
Tabla 20. <i>Costos por tipo de reparación de soldadura en la empresa.</i> .....	79

Tabla 21. <i>Producción planificada y producida por la empresa posterior a la implementación del WPS.</i> .....	81
Tabla 22. <i>Variaciones en la producción planificada y producida por la empresa antes y después de la implementación del WPS.</i> .....	81
Tabla 23. <i>Producción liberada y producción que cumple con requisitos de calidad posterior a la implementación del WPS.</i> .....	82
Tabla 24. <i>Variaciones en la Producción liberada y producción que cumple con requisitos de calidad posterior a la implementación del WPS.</i> .....	83
Tabla 25. <i>Variaciones en los indicadores antes y después de la implementación</i> .....	83
Tabla 26. <i>Actividades den la fase de actuación para la implementación de la metodología WPS en el incremento de la calidad de los procesos de soldadura.</i> .....	86
Tabla 27. <i>Costos de implementación de mejoras</i> .....	88
Tabla 28. <i>Estimación del flujo de efectivo proyectado sin implementación</i> .....	89
Tabla 29. <i>Estimación del flujo de efectivo proyectado con implementación</i> .....	90
Tabla 30. <i>Estimación del flujo incremental para determinar el costo y beneficio de la propuesta</i> .....	91
Tabla 31. <i>Estimación del tiempo de retorno de la implementación</i> .....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Organigrama de la empresa. ....	4
<i>Figura 2.</i> Marco conceptual de la investigación.....	21
<i>Figura 3.</i> Diagrama de flujo del proceso de soldadura.....	33
<i>Figura 4.</i> DAP del proceso de soldadura.....	34
<i>Figura 5 .</i> Partes y defectos del cordón de soldadura.....	35
<i>Figura 6.</i> Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los elementos que inciden en la calidad de los procesos de soldadura de la empresa.....	42
<i>Figura 7.</i> Diagrama de Pareto de la Frecuencia de ocurrencia de los problemas relacionados con el producto no conforme por soldadura defectuosa. ....	44
<i>Figura 8 .</i> Porcentajes de frecuencia de fallas en el proceso de soldadura.....	49
<i>Figura 9.</i> Costo semestral por tipo de reparacion de soldadura. ....	50
<i>Figura 10.</i> Situación inicial Produccion planificada por la empresa en el segundo semestre 2019.....	52
<i>Figura 11.</i> Situación inicial. Producción de la empresa en el segundo semestre 2019. ....	52
<i>Figura 12</i> Producción liberada y producción que cumple con requisitos de calidad.....	54
<i>Figura 13.</i> Secuencia que debe seguir para un proceso de mejora de soldadura.....	56
<i>Figura 14.</i> Registro de un WPS. (AWS D1.1 2015). ....	64
<i>Figura 15.</i> Alambre y gas utilizado para el proceso de soldadura.....	66
<i>Figura 16.</i> Tipos de bisel. ....	66
<i>Figura 17.</i> Tipos de Juntas de soldadura .....	67
<i>Figura 18.</i> Posiciones para el proceso de soldadura.....	68
<i>Figura 19.</i> Ejecución de una probeta de soldadura.....	70
<i>Figura 20.</i> Especificación de procedimiento de soldadura (WPS).....	72

Figura 21. Prueba con líquidos penetrantes .....	75
<i>Figura 22. Ahorros proyectados por tipo de reparación de soldadura. ....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 23. Producción liberada y producción que cumple con requisitos de calidad posterior a la implementación del WPS.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 24. Propuesta de DAP una vez realizadas las mejoras en el proceso de soldadura...85</i>	

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Niveles de producción</i> .....	51
--	----

## RESUMEN EJECUTIVO

El informe que se presenta a continuación es el resultado de una experiencia profesional que tuvo como objetivo Implementar un plan de mejoras mediante la metodología WPS (Especificación de procedimiento de soldadura) para aumentar la calidad en la fabricación de estructuras metálicas en la empresa COCYMET del Sur S.A.C. El estudio surge como respuesta a la necesidad de aplicar métodos innovadores y certificados para estandarizar los procesos de soldadura, provistas por diferentes investigaciones relacionadas con la Ingeniería Industrial, para el mejoramiento del desempeño de la organización y sus métodos, pues les proporcionan herramientas eficientes para hacer sus procesos más productivos y así poder incrementar su nivel de satisfacción a socios, clientes y trabajadores. Se detectó en el diagnóstico que los principales problemas que afectaban la calidad eran: uso de un procedimiento de soldadura no aprobado según la norma; existían procedimientos deficientes en el proceso de soldadura y se observa falta de conocimiento de los materiales. El plan de mejora desarrollado fue dividido en tres acciones principales: definición de los parámetros de los protocolos de la metodología WPS; elaboración y aprobación del procedimiento de soldadura y calificación del soldador y reconocimiento del material a soldar. En la verificación de las mejoras se apreció una disminución de los costos por reprocesamiento de US\$ 34,239.00 hasta US\$4,243.20; el material liberado incrementó de 93.18% a 95.62% y la calidad de 96.7% hasta 98.72%

**Palabras clave:** Especificación de procedimiento de soldadura, calificación de soldador, reconocimiento de materiales, material liberado, calidad.



## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- Adams, D. Quality improvement; part 1: introduction and overview. *BJA Education*, 18 (3) 89-94. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2017.12.002>
- Arboleda, M. (2015). *Implementación de un plan de mejoramiento para el proceso de soldadura en la fabricación de unidades de campamentos en KNO Environmental Solutions Ltda.* (Fundación Universitaria Los Libertadores). <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/477/ArboledaLagosAngelaMaria.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Averson, P. (2019). *The Deming Cycle.* (Balanced Scorecard Institute). <https://balancedscorecard.org/bsc-basics/articles-videos/the-deming-cycle/>
- Barba, A. y Montoya, M. (2012). De la planeación al pensamiento estratégico. *XVII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática.* <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xvii/docs/B01.pdf>
- Barletta, F., Robert, V. y Yoguel, G. (2007). Tópicos de la teoría evolucionista neoschumpeteriana de la innovación y el cambio tecnológico. (Miño y Dávila Editores y Universidad Nacional de General Sarmineto). [https://www.researchgate.net/publication/279997532\\_Topicos\\_de\\_la\\_teor%C3%ADa\\_evolucionista\\_neoschumpeteriana\\_de\\_la\\_innovacion\\_y\\_el\\_cambio\\_tecnologico\\_vol\\_1](https://www.researchgate.net/publication/279997532_Topicos_de_la_teor%C3%ADa_evolucionista_neoschumpeteriana_de_la_innovacion_y_el_cambio_tecnologico_vol_1)
- Caqui, L. (2019). *Metodología para la calificación de un procedimiento de soldadura según el código ASME sección VIII Div.1 para la construcción de un tanque a presión en la empresa Construcciones Metálicas S.A.C.* (Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión). <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3123>

Castillo, L. (2019). Evaluación del procedimiento de soldadura para el soldeo del acero SA612 utilizado en la fabricación de tanques de almacenamiento de GLP según ASME IX. (Universidad Nacional de Trujillo).

<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12433>

Collins, K. & Frels R. (2014). Using Bronfenbrenner's ecological systems theory to frame quantitative, qualitative, and mixed research. *Foreword*, 7 (1).

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5172/mra.2013.7.1.2?journalCode=rmra20>

Ericsson, A. y Astrand, E. (2018). Variation in welding procedure specification approach and its effect on productivity. *Procedia Manufacturing*, 25 (1).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918306395>

Escudero, L. y Marianetti, M. (2016). *Mejora en el desempeño del proceso de soldadura en industria autopartista*. (Universidad Nacional de Córdoba).

<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4687/PI%20ESCUADERO%20MARIANETTI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Evans, J. y Lindsay, W. (2014). Administración y Control De La Calidad.

<https://doi.org/10.1016/B978-84-8086-229-5.50026-6>

Funk, R. & Owen, J. (2016). A Dynamic Network Measure of Technological Change. *Management Science*, 63 (3).

<https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.2015.2366>

Gallego, R. (2014). Elaboración de WPSs, PQRs Y WPQ para la empresa Chía Peñalosa Ingeniería. (Universidad Libre de Colombia).

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9838/Elaboraci%C3%B3n%20de%20WPSs%2C%20PQRs%20y%20WPQ%20para%20la%20empresa%20CH%C3%8DA%20PE%C3%91ALOSA%20INGENIER%C3%8DA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Henshall, A. (2020). How to Use The Deming Cycle for Continuous Quality Improvement.

<https://www.process.st/deming-cycle/>

Ibrahim, O., Lignos, D. & Rogers, C. (2016). Proposed modeling approach of welding procedures for heavy steel plates. *Engineering Structures*, 127 (1).

<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.08.022>.

Jiménez, G. & Paquiyauri, W. (2018). Mejora del proceso de soldadura para reducir costos en la reparación de pilotes para una Defensa Ribereña de la empresa Coiesu S.A.C. (Universidad Privada del Norte).

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15200?show=full>

Jones, B. (2019). How to get started in quality improvement. *BMJ Journal*, 12 (7). 364-372.

doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.k5437>

Lai, P. (2017). The literature review of technology adoption models and theories for the novelty technology. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 14 (1).

[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S18077752017000100021&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S18077752017000100021&script=sci_arttext)

Luna, R. (2015). Evaluación del procedimiento de soldadura de la unión disímil entre aceros

API 5L X70 PSL1 Y ASTM A707 L5 F65. (Pontificia Universidad Católica del Perú).

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6164/LUNA\\_R  
ENZO\\_SOLDADURA\\_DISIMIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6164/LUNA_R_ENZO_SOLDADURA_DISIMIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mizuno, S. (2010). Management for Quality Improvement: The 7 New QC Tools. (CRC editores).

[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=aQ\\_2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg  
=PP6&dq=quality+improvement+diagnostic+tools&ots=vX65IMBPGn&sig=Hmg  
XNTIPyAHdHB8ir0AtX6TTezA#v=onepage&q=quality%20improvement%20diag  
nostic%20tools&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=aQ_2DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP6&dq=quality+improvement+diagnostic+tools&ots=vX65IMBPGn&sig=HmgXNTIPyAHdHB8ir0AtX6TTezA#v=onepage&q=quality%20improvement%20diagnostic%20tools&f=false)

Muñoz, O. (2010). El pensamiento estratégico. Una integración de los sentidos.

<https://www.redalyc.org/pdf/1053/105316833003.pdf>

Qazi, H. (2017). Study of verification and validation of standard welding procedure specifications guidelines for API 5L X-70 grade line pipe welding. *Journal of Engineering Sciences*, 4 (2).

[https://doi.org/10.21272/jes.2017.4\(2\).b11](https://doi.org/10.21272/jes.2017.4(2).b11)

Ribeiro, H. (2017). *El origen del programa 5S*.

[http://www.pdca.com.br/site/espanhol/fundamentos-del-5s/el-origen-del-programa-  
5s.html](http://www.pdca.com.br/site/espanhol/fundamentos-del-5s/el-origen-del-programa-5s.html)

Rincón, E. Rincón, J. y Baralt, C. (2014). La innovación y el cambio tecnológico desde la perspectiva de la mesoeconomía. *Investigación Científica y Tecnológica*.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5085523.pdf>

Rodrigues, L. Loayza, C., Borges, D., Baia, P. y Freitas, E. (2019). Welding procedures influence analysis on the residual stress distribution and distortion of stiffened panels welded via robotized FCAW. *Thin-Walled Structures*, 141 (1).

<https://doi.org/10.1016/j.tws.2019.03.055>

Sánchez, B. (2015). *Elaboración e implementación de un procedimiento de soldadura en la empresa Revoconstrucciones para la mejora productiva mediante herramientas de calidad*. (Universidad de Las Américas).

<http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5060/1/UDLA-EC-TTPSI-2016-02.pdf>

Satish, B. & Jeergi, A. (2016). Study on Welding Procedure Specifications as Per ASME Sec IX. *International Journal for Scientific Research & Development*, 4 (4),1354-1359. <http://ijsrd.com/Article.php?manuscript=IJSRDV4I40867>

Skov, F., Wang, T. & Andersen, J. (2018). Science maps and strategic thinking. Proceedings of the 23rd International Conference on Science and Technology Indicators.

[https://openaccess.leidenuniv.nl/bitstream/handle/1887/65203/STI2018\\_paper\\_50.pdf?sequence=1](https://openaccess.leidenuniv.nl/bitstream/handle/1887/65203/STI2018_paper_50.pdf?sequence=1)

Saviotti, P. & Metcalfe, J. (2018). *Evolutionary Theories of Economic and Technological Change: Present Status and Future Prospects*. *Routledge Francis & Taylor*.

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=4epTDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=scientific+articles+on+Theory+of+Evolution+of+Technological+Change&ots=7aHX71v30U&sig=CsGWcPc2qVyunAH7JYbmZ-Y4CAk#v=onepage&q=scientific%20articles%20on%20Theory%20of%20Evolution%20of%20Technological%20Change&f=false>

Vílchez, J. (2017). *Implementación del proceso de soldadura FCAW en la fabricación de pilotes para mejorar la productividad de la empresa IMI del Perú SAC.* (Universidad César Vallejo).

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/16811/Vilchez\\_RJMJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/16811/Vilchez_RJMJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Welt, T., Junaid, M., Mory, R., Kenney, J. (2020). Evaluating impact toughness as a qualification testing requirement for welds. *Journal of Constructional Steel Research*, 165 (1).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143974X19308697>