

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecatrónico*

PROYECTO TÉCNICO:

**“AUTOMATIZACIÓN DE UN ROBOT CARTESIANO PARA UN PROCESO DE
REVESTIMIENTO EN PLACAS METÁLICAS MEDIANTE SOLDADURA DURA”**

AUTORES:

RONNY PATRICIO GUARACA URGILES
JONNATHAN FABRICIO SOLORZANO IDROVO

TUTOR:

Dr. LUIS MARCELO LÓPEZ LÓPEZ

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Ronny Patricio Guaraca Urgiles con documento de identificación N° 0301991345 y Jonnathan Fabricio Solórzano Idrovo con documento de identificación N° 0105144083, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN ROBOT CARTESIANO PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO EN PLACAS METÁLICAS MEDIANTE SOLDADURA DURA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecatrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio de 2021.



Ronny Patricio Guaraca Urgiles
C.I. 0301991345



Jonnathan Fabricio Solórzano Idrovo
C.I. 0105144083

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN ROBOT CARTESIANO PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO EN PLACAS METÁLICAS MEDIANTE SOLDADURA DURA”**, realizado por Ronny Patricio Guaraca Urgiles y Jonnathan Fabricio Solorzano Idrovo, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio de 2021.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, likely representing the name of the certifier.

Dr. Luis Marcelo López López,
C.I. 0102906971

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Ronny Patricio Guaraca Urgiles con documento de identificación N° 0301991345 y Jonnathan Fabricio Solórzano Idrovo con documento de identificación N° 0105144083, autores del trabajo de titulación: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN ROBOT CARTESIANO PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO EN PLACAS METÁLICAS MEDIANTE SOLDADURA DURA”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, julio de 2021.



Ronny Patricio Guaraca Urgiles
C.I. 0301991345



Jonnathan Fabricio Solorzano Idrovo
C.I. 0105144083

DEDICATORIA

A ti Dios mío y Mamita Virgencita ,a mi papá Patricio Guaraca y mi mamá Doris Urgiles, a mis hermanos: Andres Guaraca y Karolina Guaraca, por el gran apoyo que me han brindado, no solo en este proceso académico si no en mis sueños y en cada una de mis decisiones, con este logro quiero que sepan que mi vida y mis sueños son dirigidos a través de las ganas de aprender algo más.

Gracias a ese conocimiento que no tiene una mención o título, a las lecciones de vida de muchos de mis amigos que son pocos, y de mis profesores que han tratado de ser los mejores profesores cada día. A esa vida que no se concentró siempre en una sola cosa y aunque suena un poco contradictorio, al final se concentró en algo concreto, VIVIR.

Ronny Patricio Guaraca Urgiles

Esta tesis esta dedicada a mis padres Blanca y Ramón, que nunca se cansan de brindarme su apoyo. A mis hermanos Danny, Steven e Ian por siempre estar presentes. Agradesco a mi esposa Julie por siempre estar junto a mi y ser mi apoyo y de manera muy especial a mi nueva razón de vivir mi hijo Lucas quien desde el primer día que nació me cambio la vida. A toda mi familia por ser mi fortaleza y el regalo mas hermoso que Dios me a dado.

Jonnathan Fabricio Solórzano Idrovo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quisiera agradecer a Dios por haberme dado la salud, la inteligencia y poner en mi camino a personas muy amables e inteligentes en donde me impulsaron a agudizar mi pensamiento y llevar mi trabajo a un nivel superior.

Me gustaría agradecer a mi colega Jona por su maravillosa colaboración, en donde logramos terminar este trabajo con éxito.

También me gustaría agradecer a mi tutor el Dr. Luis López, por su valiosa orientación a lo largo de este trabajo, en donde nos proporciono las herramientas que necesitaba para elegir la dirección correcta y completar con éxito la tesis.

Además, me gustaría agradecer a mis padres por sus sabios consejos y su oído comprensivo.

Agradezco a todo el equipo profesional que forman parte de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes siempre me ayudaron de una forma muy amable. En todos los procesos. De debía llevar a cabo en mi vida universitaria. A la Lic. Fanny Carpio , Lic. Carmita Bravo, Ing. Edy Ayala, y en si a todas la personas con las que tuve el placer de compartir Mil Gracias y Mil Gracias.

Finalmente, no podría haber completado esta disertación sin el apoyo del Sr. Juan Cuesta , en donde nos facilito de una manera muy amable su Taller y todas las herramientas que fuimos necesitando a lo largo de este proyecto.

Ronny Patricio Guaraca Urgiles

Mis agradecimientos primeramente a Dios, que siempre me mantuvo enfocado y con ganas de seguir adelante, durante toda mi vida estudiantil siempre estuvieron personas que aprecio mucho que me brindaron su tiempo, palabras de motivación y apoyo, por ello los llevo siempre en mi corazón mis padres Blanca y Ramón que han sido mi pilar fundamental con su amor, trabajo, ejemplo de superación y sacrificio en todos estos años, agradecido de por vida por sus sabios consejos y paciencia gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Un agradecimiento especial a mi esposa que me ha brindado todo el apoyo incondicional a lo largo de la carrera. También quiero expresar mi agradecimiento a mis queridos hermanos Danny, Steven e Ian que han estado a mi lado siempre. Agradezco a todos mis compañeros en mención especial a mi gran amigo y colega Ronny con quien hemos tenido la oportunidad de compartir conocimientos y agradables momentos. Existen demasiadas personas que siempre han creído en nosotros, nuestros familiares, profesores amigos y conocidos que sería imposible mencionarlo a todos, por eso hoy agradecemos a todas las personas que estuvieron en cada paso que dábamos, los que vieron el progreso y superación del día a día, a la vida en especial por permitirnos adquirir el conocimiento y la experiencia la cual abre la puerta al paso siguiente la vida como profesional.

De manera especial quiero agradecer a mi tutor Ing. Luis Lopez, por su amabilidad, buen trato, tiempo y por la dirección para la exitosa realización de este proyecto.

De manera muy especial al señor Juan Cuesta por ser una persona que siempre nos recibía en su taller con una sonrisa y disposición de maquinaria y equipos para sacar el proyecto adelante.

Jonnathan Fabricio Solórzano Idrovo

RESUMEN

El presente documento contiene información teórica de la opción de titulación con la modalidad de proyecto técnico, previo la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico. El tema surgió a partir de la necesidad de optimizar el proceso de fabricación de placas de desgaste mediante un robot cartesiano, este concepto consiste en una placa base de soporte de acero superpuesta con depósitos resistentes al desgaste mediante soldadura de alambre. Para optimizar los recursos de las empresas manufactureras y mineras, la correcta aplicación de metalurgia en garantizar que los materiales sometidos a diferentes cargas y procesos que implican alto impacto y abrasión, actualmente no existe ningún sistema capaz de realizar el proceso de revestimiento de placas metálicas de forma automática a nivel del austro ecuatoriano, implementado mediante un TeroMatec Wire Feeder 600 de soldadura por alambre duro como material de aporte, la deposición en el material base se da mediante la antorcha y un mecanismo implementado en un robot cartesiano, donde se puede controlar el movimiento de la misma en los diferentes ejes y que permita un seguimiento de acuerdo a la deformación de la superficie. La presente investigación cuenta con una perspectiva que se ubica en un ámbito de una investigación cuantitativa y experimental, ya que se obtendrán datos numéricos en la manipulación y control de la posición del aditamento y antorcha de la mesa CNC, mediante el ajuste de parámetros para garantizar un arco eléctrico continuo durante todo el proceso y por ende optimizar la geometría de cordón de soldadura para tener buenos resultados de endurecimiento del metal.

ABSTRACT

This document contains theoretical information on the degree option with the technical project modality, prior to obtaining the title of Mechatronic Engineer. The theme arose from the need to optimize the wear plate manufacturing process using a Cartesian robot, this concept consists of a steel support base plate superimposed with wear resistant deposits by wire welding. To optimize the resources of manufacturing and mining companies, the correct application of metallurgy to ensure that materials subjected to different loads and processes that involve high impact and abrasion, there is currently no system capable of carrying out the process of coating metal plates of automatically at the level of the Ecuadorian austro, implemented by means of a TeroMatec Wire Feeder 600 of welding by hard wire as filler material, the deposition in the base material is given by means of the torch and a mechanism implemented in a Cartesian robot, where the movement of the same in the different axes and that allows a follow-up according to the deformation of the surface. This research has a perspective that is located in a field of quantitative and experimental research, since numerical data will be obtained in the manipulation and control of the position of the addition and torch of the CNC table, by adjusting parameters to guarantee a continuous electric arc throughout the process and therefore optimize the geometry of the weld bead to have good metal hardening results.

ÍNDICE

RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE TABLA	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
GLOSARIO	XV
1 INTRODUCCIÓN	1
2 PROBLEMA	2
2.1 ANTECEDENTES	2
2.2 IMPORTANCIA Y ALCANCE	2
2.3 DELIMITACIÓN	3
2.3.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL	3
2.3.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL Y SECTORIAL.....	3
2.4 PROBLEMA GENERAL	4
2.5 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	4
3 OBJETIVOS	4
3.1 OBJETIVO GENERAL	4
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
4 MATRIZ DE CONSISTENCIA LOGICA	4
5 MARCO TEÓRICO	6
5.1 TIPOS DE DESGASTES MECÁNICOS.....	6
5.2 PLACAS DE DESGASTE Y PIEZAS DE ACERO RESISTENTES A LA ABRASIÓN	10
5.3 MÉTODOS DE RECUBRIMIENTO.....	11
5.3.1. MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS Y QUÍMICOS.....	11
5.3.2. RECUBRIMIENTOS TERMOQUÍMICOS.....	12
5.3.3 RECUBRIMIENTOS DUROS	13
5.3.4. RECUBRIMIENTO DURO POR SOLDADURA	13
5.4 MATERIAL BASE A36 Y MATERIAL DE APORTE.	14
5.5 MESA CNC (ROBOT CARTESIANO)	16
5.5.1 ANALISIS DE TRASMISIONES DE MOVIMIENTO DE ROBOT CARTESIANO	17
5.6 CAD/CAM (COMPUTER AIDED DESIGN AND MANUFACTURING)	20
5.7 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO	21
5.8 OPERACIONES PARA EL CONTROL DE ALTURA.....	21
5.9 ANÁLISIS DE DISTINTOS CONTROLADORES DE ALTURA PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO EN PLACAS METÁLICAS MEDIANTE SOLDADURA DURA.	23
5.10 PARÁMETROS USADOS PARA SIMULACIÓN Y DISEÑO	25
5.10.1 CAD – AUTODESK.....	25
5.10.2 SOLIDWORKS	26
5.11 MATERIAL DE LAS PLACAS DE DESGASTE	27
5.11.1 ALAMBRES ESPECIALES UTILIZADOS PARA HACER LAS PLACAS ANTI DESGASTÉ.	27
5.11.2 QUÍMICA DE ALEACIONES EN ALAMBRES.....	27
5.11.3 MÉTODO DE REVESTIMIENTO DURO POR SOLDADURA PARÁMETROS.....	29
5.12 ANALISIS METALOGRAFICOS.....	29
5.12.1 DIAGRAMA HIERRO-CARBONO	30
5.13 MICRO ESTRUCTURAS DE ALEACIONES CON CARBONO	31
6 MARCO METODOLÓGICO	32
6.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	33

6.2 MÉTODO DEL PROCESO	33
6.2.1 PROCESO PARA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA.....	33
6.2.2 PROCESO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LO SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	34
6.2.3 PROCESO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.....	34
6.2.4 PROCESO DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA EN PLACAS METÁLICAS.	34
6.3 MÉTODO ESTADÍSTICO	35
6.3.1 MÉTODO ESTADÍSTICO PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.....	35
6.3.2 MÉTODO ESTADÍSTICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	35
6.3.3 MÉTODO ESTADÍSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	35
6.3.4 MÉTODO ESTADÍSTICO DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.....	35
6.4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	36
6.4.1 SIMULACIONES SOLIDWORKS	38
6.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	39
6.6 MATERIALES Y EQUIPOS	42
6.6.1 ALAMBRE TUBULAR CON RECARGUE DUROS TEROMATEC 4601.....	42
6.6.2 ALAMBRE TUBULAR VAUTID FÜLLDRAHT-FLUX CORED WIRE	43
6.6.3 PLACA BASE.....	44
6.6.4 ENTENALLA DE SUJECIÓN	44
6.6.5 ROBOT CARTESIANO XYZ.....	44
6.6.6 TERO MATEC WIRE FEEDER 600	47
6.6.7 ALIMENTADORA INFRA MI 3-475	48
6.6.8 COMPACT THC3T02-UP/DOWN	50
6.7 CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	51
6.8 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	54
6.9 IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	54
6.9.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLACA MADRE C10R10:	55
6.9.2 CONFIGURACIÓN DE LA PLACA MADRE C10R10:.....	56
7 RESULTADOS	68
7.1 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	68
7.2 RESULTADOS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	68
7.3 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN EL SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.....	70
7.4 RESULTADOS DEL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA EN PLACAS METÁLICAS.....	72
8 CONCLUSIONES	75
8.1 CONCLUSIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
8.2 CONCLUSIÓN DEL DISEÑAR Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
8.3 CONCLUSIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
8.4 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA EN PLACAS METÁLICAS.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

9 RECOMENDACIONES	75
10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
11 ANEXOS	81
11.1 CALIGRAFÍAS DE SOLDADURA REALIZADAS EN AUTOCAD.....	81
11.2 CÓDIGO G DE LAS CALIGRAFÍAS DE SOLDADURA OBTENIDAS MEDIANTE LAZYCAM.....	87
11.3 TABLA PRUEBAS SOLDADURA	94
11.4 ANÁLISIS DE LA RATA DE DESGASTE.....	99

ÍNDICE DE TABLA

TABLA 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	6
TABLA 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA NOMINAL EN PORCENTAJE EN PESO DE ACERO ASTM A36.	14
TABLA 3. PESO APROXIMADO EN KILOS DE PLACAS DE ACERO A36. (ASTM A36 AMERICAN SOCIETY OF TESTING, 2005)	15
TABLA 4. PESO APROXIMADO EN KILOS DE PLACAS DE ACERO A36. (ASTM A36 AMERICAN SOCIETY OF TESTING, 2005)	15
TABLA 5. ANÁLISIS DE MECANISMOS (QUIJORNA, 2007).....	20
TABLA 6. CONTROLADORES DE ALTURA.....	25
TABLA 7. ACERO DE BAJO CONTENIDO DE CARBONO.....	36
TABLA 8. ALTURAS Y VOLTAJES DE THC.	40
TABLA 9. EJEMPLO DE ÁREA DE TRABAJO DE THC.....	41
TABLA 10. PARÁMETROS DE ARCO DE VOLTAJE (EUTETIC CORPORATION USA, 2016).....	43
TABLA 11. DATOS TÉCNICOS DE TEROMATEC WIRE FEEDER 600. (EUTETIC CORPORATION USA, 2016).....	47
TABLA 12. DATOS TÉCNICOS DE ALIMENTADORA.....	48
TABLA 13. ESPECIFICACIÓN DE ENTRADAS DIGITALES DE PLACA.	55
TABLA 14. RESUMEN DE LA CONFIGURACIÓN INICIAL Y FINAL DE LOS JUMPERS DE LA PLACA C10R10.	57
TABLA 15. PARÁMETROS DE CONTROL, DESCRIPCIÓN EN LA SECCIÓN 6.5 (ROBOT3T, 2020).....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	3
FIGURA 2. TIPOS DE DESGASTE PATOLÓGICO DETERMINADOS POR EL MOVIMIENTO RELATIVO Y LA ALTERACIÓN DE LA SUPERFICIE. (KOSTETSKI B I, 2005)	7
FIGURA 3. RECUBRIMIENTO DURO POR SOLDADURA TUBULAR. (HEBEI METALS INDUSTRIAL LIMITED, 2016).....	14
FIGURA 4. COMPONENTES DE MESA CNC (S. E. CARDENAS, 2017).....	17
FIGURA 5. PIÑÓN Y CREMAYERA (VALLEJO, 2020).	17
FIGURA 6. MECANISMO PIÑÓN Y CREMALLERA (S. E. CARDENAS, 2017).....	18
FIGURA 7. MECANISMO DE TORNILLO DE POTENCIA (S. E. CARDENAS, 2017).....	18
FIGURA 8. PROTOTIPO, TRANSMISIÓN POR POLEAS (S. E. CARDENAS, 2017).....	19
FIGURA 9. PROTOTIPO, TRANSMISIÓN POR POLEAS (S. E. CARDENAS, 2017).....	19
FIGURA 10. PROCESO DE SOLDADURA TEROMATEC (EUTETIC CORPORATION USA, 2016).....	21
FIGURA 11. CONTROL DE VOLTAJE DE ARCO (ESAB, 2014)	22
FIGURA 12. NO CONTACTO CAPACITIVO. (CNC 4 PC, 2020).....	23
FIGURA 13. SENSOR ÓHMICO. (FLASHCUTCNC).....	24
FIGURA 14. SENSOR ÓPTICO	24
FIGURA 15. SENSOR INDUCTIVO. (OMRON INDUSTRIAL AUTOMATION, 2018)	24
FIGURA 16. THC VOLTAJE DE ARCO. (ROBOT3T, 2020)	25
FIGURA 17. SOFTWARE AUTODESK AUTOCAD (AUTODESK INC, 2021).....	26
FIGURA 18. SOLIDWORKS. (SOLIDWORKS, 2021).....	26
FIGURA 19. DIAGRAMA DE FASES HIERRO CARBONO. (LUIS BERNARDO LOPEZ VAZQUEZ, 2015).....	31
FIGURA 20. PROCESO PARA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA.....	33
FIGURA 21. PROCESO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA.....	34
FIGURA 22. PROCESO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.....	34
FIGURA 23. PROCESO DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA EN PLACAS METÁLICAS	34
FIGURA 24. DISEÑO DE ADITAMENTO.....	37
FIGURA 25. DISEÑO DE ENTENALLA.....	37
FIGURA 26. ANÁLISIS ESTÁTICO TENSIÓN NODAL (-VONMISES-).....	38
FIGURA 27. DESPLAZAMIENTO ESTÁTICO (-DESPL RES-).....	39
FIGURA 28. DEFORMACIONES UNITARIAS (-EQUIVALENTES-).....	39
FIGURA 29. INICIO Y FIN DE LA ALTURA DE LA ANTORCHA RESPECTO A LA PLACA INCLINIDA.	41
FIGURA 30. ALAMBRE CON RECARGUES DUROS TEROMATEC 4601.....	42
FIGURA 31. CARACTERÍSTICAS DE ALAMBRE VAUTID. (VAUTID, 2019).....	44
FIGURA 32. DISEÑO DE MESA CNC SOLIDWORKS.	45
FIGURA 33. DISEÑO DE MESA CNC SOLIDWORKS.	46
FIGURA 34. MESA CNC TALLERES CUESTA.....	46
FIGURA 35. MESA CNC TALLERES CUESTA.....	46
FIGURA 36. TEROMATEC WIRE FEEDER 600. (EUTETIC CORPORATION USA, 2016).....	47
FIGURA 37. ÍNDICE DE APORTE VS CORRIENTE (EUTETIC CORPORATION USA, 2016).....	48
FIGURA 38. INFRA ALIMENTADORA. (INFRA, 2016).....	49
FIGURA 39. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)	50
FIGURA 40. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE THCET-02 UP/DOWN (ROBOT3T, 2020).....	50
FIGURA 41. TORNO PARA MECANIZAR LA AGARRADERA DE LA ANTORCHA.....	51
FIGURA 42. ADITAMENTO.....	51
FIGURA 43. CORTE DE PLACA BASE PARA ENTENALLA.....	52
FIGURA 44. LIMPIEZA DE PLACA DE ENTENALLA.	52
FIGURA 45. TRAZO DE DIBUJO SOBRE LA PLACA PARA TALADRAR LOS AGUJEROS DE LOS TORNILLOS DE LAS GARRAS.....	53
FIGURA 46. PUNZADO DE CADA ORIFICIO.....	53
FIGURA 47. ENTENALLA FINAL CON LA PLACA MONTADA.....	54
FIGURA 48. C10- PARALLEL PORT INTERFACE CARD. (ROBOT3T, 2020)	55
FIGURA 49. COM DE PINES 2 – 9.....	56

FIGURA 50. IN/OUT JUMPER.....	56
FIGURA 51. PULL-DOWN/PULL-UP JUMPER.....	57
FIGURA 52. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)	58
FIGURA 53. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)	58
FIGURA 54. THC EN MODO CTHC.....	59
FIGURA 55. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)	59
FIGURA 56. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)	60
FIGURA 57. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)	60
FIGURA 60. PUERTOS Y PINES CONFIGURACIÓN.....	62
FIGURA 61. PUERTOS Y PINES CONFIGURACIÓN 2.	62
FIGURA 62. CONFIGURACIÓN DE PUERTOS EN EL PROGRAMA.....	63
FIGURA 63. CONFIGURACIÓN DE PUERTOS EN EL PROGRAMA.....	63
FIGURA 64. ALLOW THC UP/DOWN	64
FIGURA 65. DESACTIVACIÓN DE LA PESTANA ALLOW THC.....	64
FIGURA 66. PANTALLA CON PROGRAMA CARGADO.....	65
FIGURA 67. SEÑALES DE ENTRADA DE ESTADO ACTUAL.....	65
FIGURA 68. SEÑALES DE ENTRADA DE ESTADO ACTUAL THC ON Y THC DOWN TRABAJANDO.....	65
FIGURA 69. SEÑALES DE ENTRADA DE ESTADO ACTUAL THC ON Y THC UP TRABAJAND	66
FIGURA 70. OPCIÓN DE ABRIR DOCUMENTO DXF	66
FIGURA 71. SELECCIÓN DE ARCHIVO	67
FIGURA 72. TIPO DE SESIÓN DE IMPORTACIÓN	67
FIGURA 73. CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS.....	68
FIGURA 74. POST CODE	68
FIGURA 75. DISEÑO DE ADITAMENTO.....	69
FIGURA 76. DISEÑO DE ENTENALLA.....	69
FIGURA 77. ENTENALLA FINAL CON LA PLACA MONTADA.....	70
FIGURA 78. ADITAMENTO.....	70
FIGURA 79. ADITAMENTO.....	71
FIGURA 80. ADITAMENTO.....	71
FIGURA 81. ADITAMENTO.....	72
FIGURA 82. LA PARTE INFERIOR DE LA IMAGEN PODEMOS APRECIAR LA PLACA BASE Y LA PARTE SUPERIOR LA PLACA ANTI-DESGASTE CON ALAMBRE VAUTID CON CALIDAD DE SOLDADO DEL 97%.....	72
FIGURA 83. LA PARTE INFERIOR DE LA IMAGEN PODEMOS APRECIAR LA PLACA BASE Y LA PARTE SUPERIOR LA PLACA ANTI-DESGASTE CON ALAMBRE VAUTID CON CALIDAD DE SOLDADO DEL 97%.....	73
FIGURA 84. LA PARTE INFERIOR DE LA IMAGEN PODEMOS APRECIAR LA PLACA BASE Y LA PARTE SUPERIOR LA PLACA ANTI-DESGASTE CON ALAMBRE EUTETIC CASTOLIN CON CALIDAD DE SOLDADO DEL 90%.....	73
FIGURA 85. LA PARTE INFERIOR DE LA IMAGEN PODEMOS APRECIAR LA PLACA BASE Y LA PARTE SUPERIOR LA PLACA ANTI-DESGASTE CON ALAMBRE EUTETIC CASTOLIN CON CALIDAD DE SOLDADO DEL 90%.....	74
FIGURA 86. LA PARTE INFERIOR DE LA IMAGEN PODEMOS APRECIAR LA PLACA BASE Y LA PARTE SUPERIOR LA PLACA ANTI-DESGASTE CON ALAMBRE EUTETIC CASTOLIN CON CALIDAD DE SOLDADO DEL 90%.....	74

GLOSARIO

- **Abrasivos.** – Material duro que sirve para pulir, cortar o afilar otro material más blando que él.
- **Corrosión.** – Destruir progresivamente una cosa penetrando de afuera hacia adentro; especialmente destruir [ciertos agentes] los metales u objetos de metal.
- **Tribosistema.** – El esfuerzo colectivo, que a su vez está compuesto por fuerza normal, la velocidad relativa, el tipo de movimiento, la temperatura y el factor esfuerzo tiempo.
- **BHN.** – Dureza Brinell
- **HRC.** – Dureza Rocwell
- **Soldadura MIG.** – Metal Inert Gas.
- **Alambre Tubular.** – Es un alambre relleno con un fundente formado por agentes desoxidantes y polvo metálico, no necesita Gas inerte.
- **Carburo de cromo.** – Es un material extremadamente duro de cerámica refractaria.
- **Austenita.** – Es una forma de ordenamiento de los átomos de hierro y carbono en las estructuras cristalinas.

AUTOMATIZACIÓN DE UN ROBOT CARTESIANO PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO EN PLACAS METÁLICAS MEDIANTE SOLDADURA DURA.

1 INTRODUCCIÓN

Las formas en que los metales son desgastados, su tiempo de vida útil y su reconstrucción, son aspectos en los cuales las industrias mineras, cerámica, cementeras, canteras, maquinaria para movimiento de minerales, herramientas y elementos de maquinas en general que soportan cargas de desgaste deben ser cautelosas, ya que un fallo provocado por deterioro haría necesario el mantenimiento, la reposición de una pieza y causaría retrasos en la producción, riesgos en la seguridad, lo que se traduce a pérdidas económicas. (Zum Gahr, 2017) (Alejandro Orjuela G, 2015)

El presente estudio surgió de la necesidad de mejorar las propiedades mecánicas de los aceros, para esto tuvimos un pequeño conversatorio con los gerentes de las empresas Anta Metal y Talleres Industriales Cuesta, los cuales prestan sus servicios de mecánica industrial para empresas como Graiman, Guapan, Rialto, entre otras, en donde se encargan del mantenimiento correctivo y/o mejoras que se desean realizar a las maquinas; según los gerentes dependiendo del grado de abrasión o el impacto que están sometidas las paredes o los pisos de las diferentes maquinarias que usan para el transporte o transformación de la materia prima en producto final produce un desgaste en el espesor de las placas por lo que dichas empresas deben parar su producción para reemplazar las placas defectuosas bien sea por placas de acero mas gruesas ò a su vez por placas revestidas con suelda dura con el objetivo de evitar los tiempos muertos de producción, la mayoría de estas placas revestidas se importan por lo que nos hemos visto en la necesidad de producirlas en Talleres Industriales Cuesta mediante el proceso de deposición de revestimiento; Esta técnica está diseñada para ser aplicada en metales específicos y para aplicaciones específicas. Las placas revestidas como se las denomina a menudo continúan llenando una amplia variedad de aplicaciones y han tenido un gran éxito en procesos que implican resistencia a la abrasión y al impacto. (Herrera, 2019) (Miller, n.d.)

Posterior a esto se, procedió a realizar la propuesta de fabricación de placas revestidas con aplicaciones mecatrónicas, como un robot cartesiano disponible en la empresa mediante un componente mecánico con un dispositivo de acople con la alimentadora de soldadura, junto con un componente electrónico y un sistema de control de altura, que permitió depositar una capa de soldadura de manera autónoma. En la implementación del sistema electrónico se uso un controlador de altura compatible con el proceso que permitió el seguimiento superficial de la placa. Para esto se eligió un controlador por voltaje de arco que se encuentra alejado del

punto crítico de altas temperaturas generadas en la soldadura. Posterior a esto se realizó diferentes análisis de dureza para garantizar que se logro un óptimo proceso de endurecimiento. (Jonnathan Solorzano - Ronny Guaraca, 2019)

2 PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES

En base a la creciente tendencia del uso de las materias primas de origen mineral, en manufactura y maquinaria, los metales están en contacto directo con materiales que generan desgaste por lo que requieren mantenimiento constante. El endurecimiento de las placas con recubrimiento duro es uno de los métodos de aporte de metal más importante para minorar el desgaste y prolongar la vida útil de dichos metales, el costo de estas placas con tratamientos de dureza son muy elevados y usualmente se importan del extranjero. Este proceso se basa en el revestimiento de una placa mediante soldadura dura en la formación de un colchón de soldadura dura que es imposible realizar correctamente de forma manualmente debido a las altas temperaturas generadas en el proceso, a la complejidad de las caligrafías de suelda, debido a que el ser humano no tiene la capacidad de mantener una distancia fija (set point) entre la placa a soldar y la antorcha, es decir el voltaje de arco ira cambiando a medida que el operador va soldando de forma manual y además requiere alta inversión de tiempo y personal.

Actualmente no existe ningún sistema capaz de realizar el proceso de revestimiento en placas metálicas mediante soldadura dura en placas planas de forma semiautomática a nivel del austro ecuatoriano. Al semi-automatizar el proceso se controla la deposición óptima de material de aporte mediante los diferentes ejes del robot cartesiano proporcionando trayectorias uniformes, para la formación de cordones de soldadura por recubrimiento duro utilizando el equipo TeromaTec Wire Fedder.

2.2 IMPORTANCIA Y ALCANCE

La empresa Anta Metal y Talleres Mecánicos Industriales “Cuesta” importa placas con revestimiento duro del extranjero, lo cual resulta en un gasto innecesario y excesivamente costoso; según los últimos años las empresas invierten miles de USD, cerca de un 4% del producto interno bruto (PIB) de los países industrializados y acentuándose mucho más en los países llamados del tercer mundo o subdesarrollados. Por lo tanto mediante el desarrollo de este proyecto técnico se consigue reducir estos costos al realizar la placa de recubrimiento duro en la misma empresa y garantizando su calidad.

El presente estudio tiene como finalidad beneficiar a la empresa Talleres Mecánicos Industriales “Cuesta” mejorando la calidad del producto, generando mayor capacidad productiva, mejor calidad del producto final, mayor precisión y eliminando tiempos de logística.

El sector beneficiado es el industrial que trabaja con cemento, minas, canteras, acero, residuos, carbón, reciclaje e industrias donde el manejo y procesamiento de materias primas en cualquier

aplicación que implique abrasión, que tengan un material base y requieren revestimientos de acero al carbono mediante la aplicación homogénea de carburos de cromo.

2.3 DELIMITACIÓN

2.3.1 Delimitación Espacial

El proyecto presentado se realizó en la Provincia del Azuay, en la ciudad de Cuenca y el taller en el que específicamente se trabajó cuyo nombre comercial lleva Talleres Mecánicos Industriales “Cuesta”, Ubicado al Sur de la Ciudad en el sector de Yanuncay en la Av de las Américas entre la Calle Gonzalo Díaz de Pineda y la Calle Cebrián de Moreta, junto al parque Los Sauces, en donde su gerente propietario es el Sr Juan Cuesta; en el mapa que continuación se presenta se identifica de forma gráfica la ubicación exacta del taller.

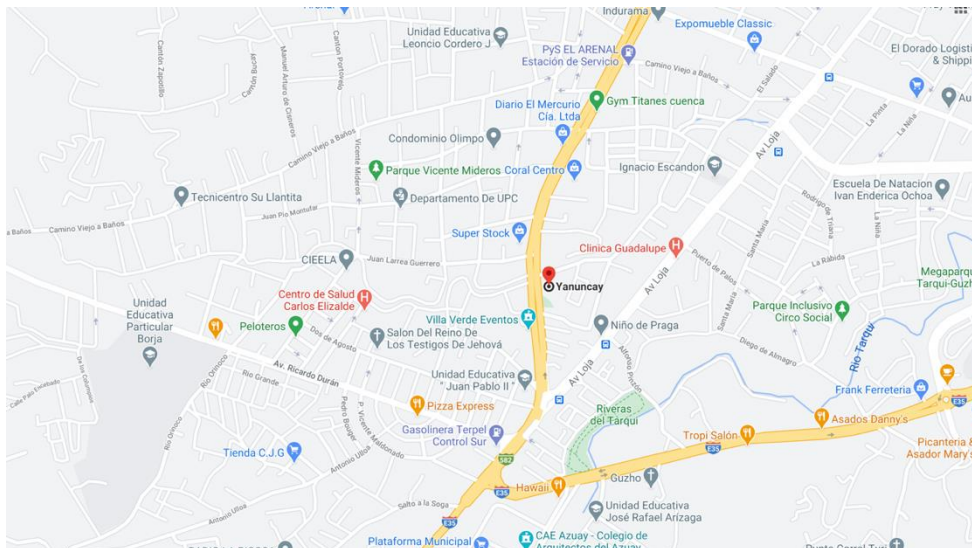


FIGURA 1. Delimitación espacial

2.3.2 Delimitación Temporal y Sectorial

El presente estudio se realizó aproximadamente en 6 meses ya que por condiciones de la pandemia como el confinamiento, se tuvo que reemplazar actividades por lo cual no pudimos acudir a la empresa presencialmente para el levantamiento de información y toma de datos; por cuestiones de insumos y repuestos de la máquina tuvimos que parar un mes completo por falta de los mismos para realizar las probetas, ya que se tuvo que importar de un país vecino para continuación del proyecto. La investigación estudia la fabricación de placas bimetalicas implementadas en la mesa CNC del taller.

2.4 PROBLEMA GENERAL

¿Se podrá automatizar un robot cartesiano para un proceso de revestimiento en placas metálicas mediante soldadura dura?

2.5 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Es posible determinar los parámetros de diseño mecánico y control para el proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas?

¿Se podrá diseñar y construir los sistemas mecánicos para un proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas?

¿Sera factible implementar el sistema de control para un proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas?

¿Es posible analizar los resultados obtenidos en el proceso de revestimiento con soldadura en placas metálicas?

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Automatizar un robot cartesiano para un proceso de revestimiento en placas metálicas mediante soldadura dura.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los parámetros de diseño mecánico y control para el proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas.
2. Diseñar y construir los sistemas mecánicos para un proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas.
3. Implementar el sistema de control para un proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas.
4. Analizar los resultados obtenidos en el proceso de revestimiento con soldadura en placas metálicas.

4 MATRIZ DE CONSISTENCIA LOGICA

<p>Automatización de un robot cartesiano para un proceso de revestimiento en placas metálicas mediante soldadura dura.</p>

Problema General	Objetivo General	Marco Teórico
¿Como automatizar un robot cartesiano para un proceso de revestimiento en placas metálicas mediante soldadura dura?	Automatizar un robot cartesiano para un proceso de revestimiento en placas metálicas mediante soldadura dura.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de desgaste mecánicos - Placas de desgaste y piezas de acero resistentes a la abrasión. - Métodos de recubrimiento - Recubrimientos duros. - Mesa CNC (Robot cartesiano) - CAD/CAM
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Marco Teórico
¿Es posible determinar los parámetros de diseño mecánico y control para el proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas?	Determinar los parámetros de diseño mecánico y control para el proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Características del proceso. - Principio de funcionamiento de control de altura
¿Se podrá diseñar y construir los sistemas mecánicos para un proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas?	Diseñar y construir los sistemas mecánicos para un proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros usados para la simulación (Diseño). - Alambres especiales usados para hacer la placa anti-desgaste. - Implementación del aditamento.
¿Sera factible implementar el sistema de control para un proceso de revestimiento con	Implementar el sistema de control para un proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros para medición de voltaje de arco según control - Compact THC - Operaciones para el control de altura. - Cableado de control.

soldadura dura en placas metálicas?		
¿Es posible analizar los resultados obtenidos en el proceso de revestimiento con soldadura en placas metálicas?	Analizar los resultados obtenidos en el proceso de revestimiento con soldadura en placas metálicas.	<ul style="list-style-type: none"> - Pruebas de laboratorio. - Código G - Química de aleaciones. - Análisis metalográfico. - Análisis de microestructura. - Análisis de dureza.

TABLA 1. Matriz de consistencia.

5 MARCO TEÓRICO

5.1 Tipos De Desgastes Mecánicos

Dependiendo de las condiciones de carga, el medio ambiente y los materiales involucrados, pueden tener lugar simultáneamente diferentes procesos mecánicos, físicos y químicos en las superficies de fricción (Holmberg K, 2012). Los procesos que tienen el mayor impacto en la fricción y el daño superficial se denominan dominantes. Junto a los procesos dominantes hay procesos acompañantes, cuyo efecto sobre la fricción y el desgaste puede despreciarse en una primera aproximación. Claramente, los cambios en las condiciones laborales pueden conducir a la transición de un proceso dominante a otro. En el desarrollo de esta clasificación, solo se considerarán los procesos dominantes sin tener en cuenta sus condiciones determinantes.










Surface disturbance Relative motion	Generation of defects		Generation of heat	
	 Storage of defects	 Motion of defects	 Chemical interaction	 Physical interaction
 Fretting	Fretting fatigue	Fretting wear		
 Sliding	Fatigue wear	Abrasive wear		Adhesive wear
 Rolling	Pitting	Solid-particle crushing		
 Impact	Impact wear			
 Flow	Liquid-impact erosion	Solid-particle erosion		Ablation erosion

FIGURA 2. Tipos de desgaste patológico determinados por el movimiento relativo y la alteración de la superficie. (KOSTETSKI B I, 2005)

Comencemos con Desgaste triboquímico. Como se desprende de su nombre, este tipo de desgaste combina dos procesos, a saber, la reacción con elementos ambientales químicamente activos, siendo el oxígeno el ejemplo más común, y la interacción tribológica entre la "superficie y una sustancia o sustancias en contacto" que elimina los productos de reacción de esa superficie. Curiosamente, este último proceso lleva el nombre del sentido definido más ampliamente, ya que cualquier interacción que tenga lugar en un contacto puede denominarse tribológica. Esto significa que el desgaste triboquímico no se limita a ningún mecanismo particular de destrucción de la superficie, sino que puede ser ejecutado por cada uno de ellos. Se puede interpretar de tal manera que si el proceso de desgaste se localiza dentro de las estructuras superficiales secundarias formadas químicamente capaces de autorregeneración continua, como los óxidos, por ejemplo, la razón real y el mecanismo de destrucción de la superficie son mucho menos importantes. Solo si el material de base debajo de las estructuras secundarias se rompe, la superficie se degrada al estado patológico y es necesario averiguar qué mecanismo es responsable del daño. (Kostetski B I, 2005)

Fatiga por fricción y Desgaste por fricción, que aparecen en las fricciones, se originan por vibraciones o cambios de temperatura en un contacto nominalmente inmóvil. Las superficies dañadas no muestran signos de dirección de deslizamiento, grandes cantidades de restos de óxido de polvo coloreados de manera diferente al óxido habitual y grietas por fatiga iniciadas en el área con trastes (Waterhouse R B, 2005). Estos dos tipos de daños suelen coexistir, aunque, por lo general, dependiendo del régimen de fricción operativo (deslizamiento parcial o grueso), uno de ellos siempre domina (Vingsbo O, 2002). Si la fatiga por irritación es la forma dominante de daño entonces, el principal mecanismo de alteración de la superficie es el

almacenamiento de defectos. Si el desgaste por rozamiento es la forma dominante de daño, entonces los otros tres mecanismos de alteración de la superficie actúan simultáneamente promoviéndose entre sí. Curiosamente, dependiendo de las condiciones de carga y los materiales involucrados, los diferentes mecanismos pueden volverse más pronunciados, lo que se refleja en un comportamiento de superficie diferente. (Varenberg M, 2002)

Desgaste por fatiga, Picaduras y Desgaste por impacto, que aparecen por deslizamiento, rodadura e impacto, respectivamente, resultan en una destrucción abrupta de la superficie debido a grietas debajo de la superficie propagadas por ciclos de tensión (Rabinowicz E, 1965) (Czichos H, 1978). Las superficies dañadas exhiben cráteres (pozos) poco profundos o profundos con paredes afiladas. Evidentemente, asociaremos estos tipos de desgaste con el almacenamiento de defectos como principal mecanismo de alteración superficial.

El desgaste abrasivo, que aparece en el deslizamiento, resulta del rayado por partículas duras atrapadas o protuberancias que sobresalen de la superficie de contacto y se caracteriza por la presencia de rayones paralelos en la dirección de deslizamiento. Curiosamente, solo una fracción muy pequeña de las partículas o protuberancias en contacto puede contribuir al corte de viruta puramente mecánico (Mulhearn T O, 1962) (Tenenbaum M M, 1976), mientras que el resto solo es capaz de deformar la superficie. La deformación da como resultado la generación de numerosos defectos que proporcionan pasajes para la fácil difusión de átomos activos, como el oxígeno, hacia las capas superficiales inferiores, que cambian sus propiedades mecánicas debido a reacciones químicas aceleradas aún más por el calentamiento. Se sabe, por ejemplo, que el desgaste abrasivo de los metales disminuye significativamente si se elimina el oxígeno del entorno de la superficie. (Hunchings I M, 1992).

El aplastamiento de partículas sólidas, que aparece al rodar o por impacto, resulta de la penetración de partículas duras atrapadas entre las superficies en contacto y se caracteriza por la presencia de cavidades dentado de orientación aleatoria. Este tipo de daño también se conoce como abrasión por impacto (Khrushchov M M, 1974). De manera similar al desgaste abrasivo, las partículas duras se deforman y activan la superficie, lo que conduce a la formación de estructuras secundarias frágiles de ancho significativamente mayor y su posterior destrucción por otras partículas. Se descubrió, por ejemplo, que la presencia de partículas sólidas en la laminación lubricada ha provocado un 60% menos de desgaste cuando las pruebas se realizaron en argón y un 40% menos de desgaste cuando se utilizó un aditivo antioxidante (Galperin, 1971). Esto nos permite asociar el aplastamiento de partículas sólidas con el movimiento de los defectos y también con la interacción química.

El desgaste del adhesivo, que aparece principalmente en el deslizamiento, pero también puede estar presente en el rodamiento y el impacto, es el resultado de la soldadura en estado sólido de las superficies de contacto y la posterior destrucción de las uniones formadas (Rabinowicz E, 1965) (Czichos H, 1978). Las superficies dañadas muestran claros signos de transferencia de material. Teniendo en cuenta que la tendencia de las superficies en contacto a adherirse surge de las fuerzas de atracción entre los átomos de la superficie de los dos materiales, asociaremos este tipo de desgaste con la interacción física como principal mecanismo de perturbación de la superficie.

La erosión por impacto de líquidos, que aparece en el flujo, es el resultado de impactos repetidos inducidos por gotas de líquido que chocan con la superficie o chorros de líquido que golpean la superficie debido al colapso de burbujas de vapor cerca de la superficie. El primer proceso se conoce con el nombre de erosión por gotas de líquido y el último proceso se conoce con el nombre de erosión por cavitación y el último se subdivide en hidrodinámico y erosión por cavitación vibratoria. La erosión por impacto de líquidos está asociada a la deformación cíclica, por lo que es un proceso basado en la fatiga, que nos permite conectarlo al almacenamiento de defectos como principal mecanismo de perturbación superficial. (Hunchings I M, 1992)

La erosión de partículas sólidas, que aparece en el flujo, resulta del arado o corte por partículas duras arrastradas en un líquido o gas que fluye y se caracteriza por la presencia de sitios de impacto aleatorio con bordes de cráter elevados. A diferencia del desgaste abrasivo de 3 cuerpos, donde el volumen del material desgastado depende de la carga normal y la distancia de deslizamiento en la erosión de partículas sólidas, el volumen de desgaste depende de la masa de partículas y la velocidad a la que golpean la superficie (Sundarajan G, 1997). De manera similar al desgaste abrasivo y la trituración de partículas sólidas, los procesos químicos acelerados por activación mecánica también juegan un papel importante en la erosión de partículas sólidas. Por ejemplo, se demostró que, por un lado, las tasas de oxidación en condiciones de erosión son dramáticamente más altas que las tasas de oxidación estática (Roy M, 1998), mientras que, por otro lado, la tasa de erosión es mayor en condiciones de mayor espesor de la cascarilla de óxido (Chiang K T, 1999). Esto nos permite asociar la erosión de partículas sólidas con el movimiento de los defectos y también con la interacción química.

La erosión por ablación, que aparece en el flujo, resulta del calentamiento de una superficie inducido por el paso a alta velocidad de descargas eléctricas o de gas. Estos procesos se conocen con los nombres de erosión gaseosa (Wang B J, 1996) y electroerosión (Rabinowicz E, 1965), respectivamente. Las superficies desgastadas exhiben depresiones aleatorias y canales con bordes festoneados. Claramente, asociaremos este tipo de

desgaste con la interacción física como el principal mecanismo de alteración de la superficie.

5.2 Placas De Desgaste Y Piezas De Acero Resistentes A La Abrasión

La historia de revestimiento de las placas metálicas nace a partir de la baja durabilidad de los aceros que estaban disponibles en el campo. Más recientemente, el procesamiento y control de la fabricación de acero moderno ha mejorado significativamente las propiedades de desgaste del acero y ha proporcionado al usuario productos destinados a este problema. Un breve resumen del historial de la placa de desgaste ayudará a aclarar dónde encaja este producto único en el escenario. (ASM International, 2016)

Los aceros de construcción proporcionaron la primera fuente de placa de desgaste, pero solo ofrecieron una resistencia marginal al desgaste. Estos aceros eran generalmente bajos en carbono (el principal endurecedor del acero) y se utilizaban pocas aleaciones. La ausencia de aleaciones produjo aceros con menor dureza debajo de la superficie. En el proceso de templado de altas temperaturas, solo la superficie de la piel del material dio como resultado durezas que podrían resistir la abrasión. El núcleo interno del material era mucho más blando y no podía soportar el ambiente abrasivo cuando se perdía la superficie. La resistencia a la abrasión se produjo solo como resultado de la piel dura de la superficie de la placa. Una vez que se desgastó la superficie de la placa, el núcleo blando desapareció rápidamente. Era necesario un reemplazo frecuente. La falta de una aleación adecuada no solo evitó el endurecimiento continuo, sino que también dio como resultado aceros de baja ductilidad en estado endurecido. (Hunchings I M, 1992)

Los aceros endurecidos disfrutaban de una variedad de aplicaciones que involucran impacto y abrasión. Cada vez más, el contenido de aleación de los aceros dio como resultado una ductilidad, soldabilidad y conformabilidad deficientes por lo que se necesitaba un nuevo producto. Se hizo evidente que se necesitaba un producto que combinara la resistencia al desgaste, fuera soldable y capaz de transformarse en componentes de minería de uso común. Dado que los electrodos y alambres de revestimiento duro se podían producir con productos químicos de hierro blanco con alto contenido de cromo, revestir la superficie de una placa de acero dulce con estos consumibles fue la respuesta. Así nació la placa de desgaste revestida. (Hunchings I M, 1992) (Zum Gahr, 2017)

Las placas de desgaste y las piezas de acero de desgaste se utilizan en muchas aplicaciones donde la fricción entre dos piezas o materiales crea degradación. Sus aleaciones de carburo de cromo resistentes al desgaste con 4.5 a 5% de carbono agregado a sustratos de acero al carbono resistentes. Las placas de desgaste son artículos prescindibles que se utilizan para evitar el desgaste excesivo o daños a equipos costosos. (Suzhou Waldun Welding CO LTD, 2020)

La placa de desgaste de acero resistente a la abrasión puede atornillarse a una máquina que se desliza o gira en un proceso de fabricación, mientras que también se pueden encontrar donde las piezas fabricadas o los minerales frotan regularmente o entran en contacto abrasivo con la superficie. La placa de desgaste es comúnmente un tipo de placa de acero resistente a la abrasión que se considera extremadamente duradera, especialmente en condiciones difíciles. Sin embargo, se han producido varios refinamientos y estrategias importantes. Y, en la actualidad, la gama de placas de desgaste superpuestas accesibles incluye grados de carburo de tungsteno y cromo, que poseen una excelente resistencia a la abrasión, el impacto y la erosión incluso a temperaturas ambientales y elevadas. (SSAB AB, 2017)

Mientras tanto, en la parte más importante de entornos críticos de abrasión, las aleaciones de carburo de cromo son la principal solución rentable.

5.3 MÉTODOS DE RECUBRIMIENTO

5.3.1. MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS Y QUÍMICOS

El cromado duro producido por electrodeposición es extremadamente duro y resistente a la corrosión. El revestimiento se utiliza para reconstruir piezas defectuosas o desgastadas, para vástagos de válvulas de automóviles, anillos de pistón, diésel y cilindros de aviones, y para ejes hidráulicos. El cromado duro se deposita en espesores que oscilan entre 2,5 y 500 μm ; la dureza Vickers está entre 900 y 1100. La mayoría de los depósitos de cromo duro se aplican a piezas hechas de aleaciones ferrosas, sin embargo, numerosas aplicaciones aeroespaciales requieren el cromado de aleaciones a base de Al, Ti o Ni. Se puede encontrar más información sobre el recubrimiento duro en la literatura. (R. Weiner, 2018)

El niquelado químico o electrolisis se utiliza para depositar Ni sin el uso de una corriente eléctrica. El Ni electrolítico es un recubrimiento de ingeniería, normalmente utilizado debido a su excelente resistencia a la corrosión y al desgaste. Los composites son uno de los tipos de recubrimientos no electrolíticos desarrollados más recientemente. Estos depósitos de cemento consisten en pequeñas partículas de compuestos intermetálicos, carburos o diamantes, dispersos en una matriz de Ni-P no electrolítico. La dureza aparente de la superficie resultante es de 1300 HV o más. Esta técnica de revestimiento duro está ampliamente cubierta en la literatura. (W. B. MARTIN, 2015)

Recubrimientos en aerosol, Termal Spray es el término genérico de un grupo de procesos comúnmente usados para depositar recubrimientos metálicos y no metálicos. Estos procesos, a veces conocidos como metalización, son la pulverización por llama, el oxicomcombustible de alta velocidad, la pulverización por arco de plasma y la pulverización por arco eléctrico. Los recubrimientos se pueden rociar a partir de varilla, alambre o material en polvo. Los recubrimientos duros se basan principalmente en materiales duros como óxidos, carburos o nitruros; partículas distribuidas en una matriz metálica. La adherencia de este tipo de recubrimientos es principalmente mecánica; A menudo, los sustratos se lijan previamente para aumentar la rugosidad y mejorar la adherencia mecánica. Los espesores de recubrimiento típicos son 50-300 μm . Dichos recubrimientos se utilizan comúnmente en piezas mecánicas complicadas/ costosas (cojinetes) donde se ha producido un desgaste importante y donde el reemplazo de la pieza completa no es económico. Para cubrir grandes superficies, la pieza de trabajo está en movimiento con respecto a la pistola de pulverización. Para aumentar el espesor de la deposición, es posible pasar varias veces sobre las superficies a recubrir. Para piezas mecánicas con tolerancias estrechas, los recubrimientos no se pueden utilizar como tales; es necesario un esmerilado de precisión y pulido antes de su uso. Actualmente existe una serie importante de tecnologías específicas pertenecientes a la categoría de Recubrimientos en aerosol, pero aquí solo se mencionan los principios básicos (M. L. Thorpe, 1993).

Pulverizador de llama, el material sólido, aspirado a la llama de gas combustible-oxígeno, se derrite y es transportado por la llama sobre la pieza de trabajo (-2800 °C). La velocidad de las partículas es relativamente baja y la fuerza de unión de los depósitos es baja. La porosidad es alta y la fuerza de cohesión es baja. Las tasas de pulverización suelen estar en el rango de 0,5 a 9 kg / h y la velocidad aproximada del impacto de las partículas es de 30 m/s.

Pulverización de plasma, la pulverización de plasma convencional proporciona temperaturas de plasma libre en la región de fusión del orden de 4000 a 5000 °C. Para generar el plasma, se sobrecalienta un gas inerte haciéndolo pasar a través de un arco de CC. El material sólido se introduce y se lleva a la pieza de trabajo por la corriente de plasma. La temperatura del sustrato se puede mantener entre 100 y 200 °C.

Pistola D (pistola de detonación), el polvo en suspensión se introduce en un tubo (barril) de 1 m de largo junto con el oxígeno y el gas combustible. Una chispa enciende la mezcla y produce una explosión controlada. Las altas temperaturas (-3900 °C) y presiones (1 MPa) que se generan lanzan las partículas del extremo del tubo hacia el sustrato. La velocidad aproximada de impacto de las partículas es de 900 m/s.

Llama de antorcha de plasma, más recientemente, se ha desarrollado un nuevo tipo de aerosol de plasma. También se basa en un chorro de gas, pero el plasma se crea mediante una bobina de inducción de RF; Se pueden alcanzar temperaturas del orden de 8000 °K. Este soplete se puede utilizar para producir revestimientos duros sobre sustratos seleccionados. El material a depositar se introduce como polvo sólido o como vapor de compuestos químicos. En este último caso, el revestimiento se forma por procesos de vapor químico en el propio soplete y en la superficie del sustrato (H. Berthou, 2009), puede ser considerado como un reactor químico de alta pureza y ser utilizado para diferentes tipos de deposición. (A. Feldman, 2010)

5.3.2. RECUBRIMIENTOS TERMOQUÍMICOS

Se desarrollaron procesos totalmente diferentes para luego endurecer termoquímicamente más particularmente la superficie de los aceros. Estas técnicas de endurecimiento superficial se basan en métodos de difusión que modifican la composición química de la superficie con especies endurecedoras como carbono, nitrógeno o boro. Los métodos de difusión permiten un endurecimiento eficaz de toda la superficie de una pieza y, por lo general, se utilizan cuando se va a endurecer la superficie de un gran número de piezas. Los procesos de carburación y nitruración se describen brevemente a continuación.

Carburación: En la carburación, se imparte una capa superficial con alto contenido de carbono al acero con bajo contenido de carbono calentándolo en contacto con materiales carbonosos. Al enfriarse después de la carburación, la "carcasa" con alto contenido de carbono se vuelve muy dura (martensita) mientras que el núcleo con bajo contenido de carbono permanece comparativamente blando. Si bien el principio básico de carburación no ha cambiado, el método utilizado para introducir el carbono en el acero ha sido una cuestión de evolución continua; existen las siguientes técnicas:

Carburación de gas, carburación al vacío, carburación de plasma, carburación de baño de sal, carburación Pack carburización

Los espesores típicos de las zonas endurecidas son de 50 a 200 µm y pueden reaccionar con durezas de 700 HV. Se pueden encontrar más detalles en la literatura. (Stickels, 2008) (W. L. Kovacs)

Nitruración: El proceso de cementación con nitrógeno que se denomina "nitruración" consiste en someter piezas mecanizadas y preferiblemente tratadas térmicamente a la acción de un medio nitrogenado, bajo ciertas condiciones en las que se imparte dureza superficial al material sin ningún tratamiento adicional. Para un mayor rendimiento, la nitruración se puede realizar a una presión de gas reducida bajo plasma = nitruración de iones. El efecto de endurecimiento

de la superficie se debe a la difusión de nitrógeno en el acero (que contiene elementos fuertes formadores de nitruros como Al, Cr, V y Mo) y a la posterior formación de nitruros dispersos. (W. L. Kovacs)

Técnicas combinadas: El endurecimiento superficial con carbono y nitrógeno, ofrece temperaturas de procesamiento entre las de carburación y nitruración. En general, existen 3 técnicas que utilizan carbono y nitrógeno para el endurecimiento de la superficie: cuatro, Carbonitruración, nioacarburaación austenítica, nitrocaburaación ferrítica.

El lector interesado debe consultar la literatura para obtener indicaciones detalladas sobre estas tecnologías de revestimiento duro. (Slycke, 2008)

5.3.3 RECUBRIMIENTOS DUROS

Las aleaciones como carbono, manganeso, níquel, cromo y boro se agregan en diferentes proporciones. Por lo tanto, los grados tienen diferentes propiedades mecánicas y químicas que producirán diferentes resultados en un producto final.

El carbono juega un papel clave en hacer que el acero de la placa de desgaste sea resistente a la abrasión y al desgaste porque aumenta la dureza y la tenacidad del acero. Pero demasiada aleación de carbono reducirá la resistencia a la tracción del acero, haciéndolo frágil y susceptible a agrietarse.

Es por eso por lo que los buenos procesos de fabricación de acero son vitales. Necesita la "receta" correcta con un equilibrio de aleación, tratamiento térmico y química para lograr las propiedades que desea. (SSAB AB, 2017)

5.3.4. RECUBRIMIENTO DURO POR SOLDADURA

El revestimiento duro de superposición de soldadura se refiere a verdaderos procesos de soldadura, en los que el metal de aportación y una pequeña cantidad del metal base se funden y se unen metalúrgicamente. Dichos procesos de soldadura incluyen soldadura con gas oxicomcombustible (OFW), soldadura por arco de plasma (PAW), soldadura por arco sumergido (SAW), soldadura por arco abierto (OAW), soldadura por arco metálico de protección (SMAW), soldadura por arco con gas tungsteno (GTAW / TIG) y soldadura por láser. Generalmente, el revestimiento duro de la superposición de soldadura produce revestimientos duros y relativamente gruesos con una excelente unión entre el material de revestimiento duro y el metal base. Por lo general, el revestimiento duro de la superposición de soldadura implica un proceso de acumulación, que se refiere a la adición de metal de soldadura a una superficie de metal base para restaurar el componente a las dimensiones requeridas. Las aleaciones de acumulación no están diseñadas para ser resistentes al desgaste, sino para devolver la pieza desgastada a sus dimensiones originales o cerca de ellas, o para proporcionar un soporte adecuado para las capas posteriores de verdadero metal de revestimiento duro. (HeBei Metals Industrial Limited, 2016)



FIGURA 3. Recubrimiento duro por soldadura tubular. (HEBEI METALS INDUSTRIAL LIMITED, 2016)

5.4 MATERIAL BASE A36 Y MATERIAL DE APORTE.

- Material base (en forma general)

El acero A36 es una aleación de acero al carbono de propósito general muy comúnmente usado mundialmente. El acero suave es el tipo más común de acero utilizado en la construcción, la manufactura y muchas otras industrias. De los aceros al carbono, el acero ASTM A36 es una de las variedades más comunes en parte debido a su bajo costo. Ofrece una excelente resistencia y fuerza para un acero bajo en carbono y aleación (ASTM A36 American Society of testing, 2005).

Teniendo en cuenta los aceros más utilizados típicamente en la fabricación de componentes de máquinas, se escogió como material base para la aplicación del recubrimiento probetas de acero ASTM A36 con sección cuadrada de 25,4 mm y 76,2 mm de largo. La tabla 2 muestra la composición química nominal de este acero según norma ASTM A36.

Carbono [C]	Fósforo [P]	Magnesio [S]	Silicio [Si]	Cobre [Cu]
0,26	0,04	0,05	0,40	0,20

TABLA 2. Composición química nominal en porcentaje en peso de acero ASTM A36.

Propiedades: El acero A36, tiene una densidad de 7860 kg/m³ (0.28 lb/in³). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 plg (203,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA (36 ksi), y un límite de rotura mínimo de 400 MPA (58

ksi). Las planchas con espesores mayores de 8 plg (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 MPA (32 ksi), y el mismo límite de rotura. (ASTM A36 American Society of testing, 2005)

Aplicaciones: Debido a que el A36 tiene una composición química simple, es muy fácil de soldar, lo que lo convierte en un material estructural atractivo en los oficios de construir donde puede ser encontrado como un soporte temporal o permanente de material de revestimiento.

Peso Aproximado en Kilos de Placa de Acero A-36 (AAMSA)								
Medidas		1"	15/16"	7/8"	13/16"	3/4	11/16"	5/8"
		25.4	23.8	22.2	20.6	19.1	17.5	15.9
pies	metros	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
3' x 6'	(.914 x 1.83)	333	312	291	271	250	229	208
3' x 8'	(.914 x 2.44)	444	416	389	361	333	305	278
3' x 10'	(.914 x 3.05)	555	521	486	451	416	382	347
4' x 8'	(1.22 x 2.44)	592	555	518	481	444	407	370
4' x 10'	(1.22 x 3.05)	740	694	648	601	555	509	463
4' x 12'	(1.22 x 3.66)	888	833	777	722	666	611	555
5' x 10'	(1.52 x 3.05)	925	868	810	752	694	636	578
5' x 15'	(1.52 x 4.57)	1388	1301	1215	1128	1011	954	868
5' x 20'	(1.52 x 6.10)	1851	1735	1619	1504	1388	1272	1157
6' x 12'	(1.83 x 3.66)	1333	1249	1166	1083	999	916	833
6' x 18'	(1.83 x 5.49)	1999	1874	1749	1624	1499	1374	1249
6' x 20'	(1.83 x 6.10)	2221	2082	1943	1804	1666	1527	1388
Kilos por m ²		199.21	186.75	174.31	161.85	149.41	136.96	124.51

TABLA 3. Peso aproximado en kilos de placas de acero a36. (ASTM A36 AMERICAN SOCIETY OF TESTING, 2005)

Peso Aproximado en Kilos de Placa de Acero A-36 (AAMSA)								
Medidas		9/16"	1/2"	7/16"	3/8"	5/16"	1/4"	3/16"
		14.3	12.7	11.1	9.5	7.9	6.4	4.8
pies	metros	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
3' x 6'	(.914 x 1.83)	187	167	146	125	104	83	62
3' x 8'	(.914 x 2.44)	250	222	194	167	139	111	83
3' x 10'	(.914 x 3.05)	312	278	243	208	173	139	104
4' x 8'	(1.22 x 2.44)	333	296	259	222	185	148	111
4' x 10'	(1.22 x 3.05)	416	370	324	278	231	185	139
4' x 12'	(1.22 x 3.66)	500	444	389	333	278	222	167
5' x 10'	(1.52 x 3.05)	521	463	405	347	289	231	174
5' x 15'	(1.52 x 4.57)	781	694	607	521	434	347	260
5' x 20'	(1.52 x 6.10)	1041	925	810	694	578	463	347
6' x 12'	(1.83 x 3.66)	750	666	583	500	416	333	250
6' x 18'	(1.83 x 5.49)	1124	999	874	750	625	500	375
6' x 20'	(1.83 x 6.10)	1249	1110	972	833	694	555	416
Kilos por m ²		112.06	99.61	87.15	74.70	62.25	49.80	37.35
Kilos por pie ²		10.410	9.253	8.097	6.940	5.793	4.627	3.47

TABLA 4. Peso aproximado en kilos de placas de acero A36. (ASTM A36 AMERICAN SOCIETY OF TESTING, 2005)

- Material de aporte (en forma general)

Los materiales de revestimiento duro de recubrimiento de soldadura incluyen una amplia variedad de aleaciones, carburos y combinaciones de estos materiales. Se pueden agrupar en cinco categorías generales, como aleaciones de acumulación, aleaciones de desgaste de metal a metal, aleaciones de abrasión de metal a tierra, carburos de tungsteno (que se aplican para deslizamientos extremos de metal a metal o metal a tierra y desgaste de corte), aleaciones no ferrosas. El rendimiento de resistencia al desgaste o la abrasión de los materiales de revestimiento duro está determinado principalmente por los precipitados de la fase dura, como los boruros, carburos o intermetálicos. Las aleaciones de superposición de soldadura (metales de aportación) se pueden suministrar en forma de producto de varillas desnudas, varillas recubiertas de fundente, alambres sólidos, alambres para tubos o polvos. Están disponibles en aleaciones a base de hierro, carburos, aleaciones a base de cobalto,

aleaciones a base de níquel, aceros inoxidable con alto contenido de silicio y aleaciones a base de cobre (bronce de aluminio). (HeBei Metals Industrial Limited, 2016)

5.5 MESA CNC (ROBOT CARTESIANO)

El control numérico por computadora es un término muy amplio que abarca una variedad de tipos de máquinas, todas con diferentes tamaños, formas y funciones. Pero la forma más fácil de pensar en CNC es simplemente entender que se trata de usar una computadora como medio para controlar una máquina que talla objetos útiles a partir de bloques sólidos de material. Por ejemplo, una máquina CNC puede comenzar con un bloque sólido de aluminio y luego tallar el material adecuado para dejarlo con un mango de freno de bicicleta. (Patrick Hood-Daniel, 2009)

Las máquinas CNC se pueden dividir en dos grupos: tornos y fresadoras. Una máquina de torneado generalmente se compone de un dispositivo que hace girar una pieza de trabajo a alta velocidad y una herramienta (borde afilado) que corta el material no deseado de la pieza de trabajo (donde la herramienta se mueve hacia adelante y hacia atrás y hacia adentro y hacia afuera hasta obtener la forma deseada). se consigue). Una fresadora es una máquina que tiene un husillo (un dispositivo similar a un enrutador) con una herramienta especial que gira y corta en varias direcciones y se mueve en tres direcciones diferentes a lo largo de los ejes x, y, z.

Históricamente, no se necesitaría una computadora para crear formas con una máquina de torneado o una fresadora. Agregar una computadora a la mezcla le permite diseñar un producto en una computadora primero y luego especificar cómo la máquina debe cortar este producto. Diseñar el producto es producir un archivo de diseño asistido por computadora (CAD). Luego, especifica cómo la máquina debe cortar el producto, y el resultado de ese paso es un archivo de fabricación asistida por computadora (CAM) (o archivo de código G o archivo .NC; hay muchos nombres para este tipo de archivo). Este archivo CAM recuerda todas las operaciones que debe seguir la fresadora para cortar las piezas del producto. La computadora le dice a la máquina CNC cómo construir la pieza interpretando el archivo CAM en señales que la máquina CNC puede entender. (Patrick Hood-Daniel, 2009)

Con el pasar del tiempo las ejecuciones de las máquinas-herramientas programadas para uso en el campo industrial han sido un tema recurrente debido a la demanda que estas han tenido en los últimos años, hablando específicamente de las maquinas CNC, puesto que, por ser un proceso mucho más efectivo en cuanto a su altísima precisión y tiempo de ejecución, han obtenido una acogida que incrementa con el paso del tiempo y permiten la evolución de sí mismas con nuevas ventajas tecnológicas. Aunque este proceso empezó en la segunda guerra mundial para mejorar las uniones de las aeronaves y crear una barrera que protege de la oxidación; en los sesenta se extendió a aplicaciones comerciales y en los setenta con el nacimiento del CNC trajo lo que en la actualidad se conoce como máquina de corte con plasma CNC la cual se utilizan con computadores para el diseño de diferentes formas a cortar y controlar la máquina. (Patrick Hood-Daniel, 2009)

La máquina, constan de un sistema CNC de tres movimientos y cada uno de ellos corresponde a un eje de coordenadas, el eje de las X para los desplazamientos longitudinales encargados de mover la viga transversal, dicha viga sostiene el movimiento del eje Y el cual desplazará en esta dirección el cabezote de la máquina, este es el encargado de sostener y transportar la antorcha del equipo de plasma, así mismo el cabezote dirige el último movimiento vertical en el eje Z, como se observa en la Figura 6, con el eje Z se controla la distancia de la cual estará la antorcha de la lámina esta misma distancia definirá la profundidad del corte Para ello se

incorporan motores paso a paso en cada uno de los mecanismos de desplazamiento correspondientes a su eje. (S. E. Cardenas, 2017)

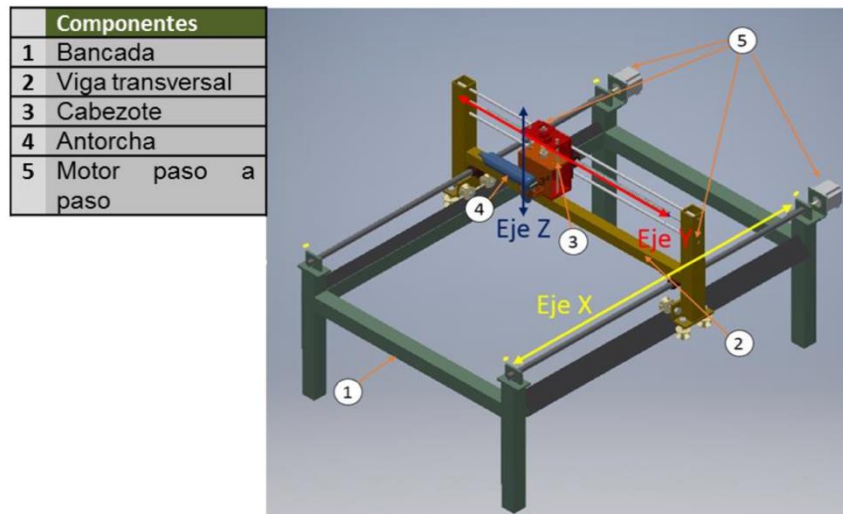


FIGURA 4. Componentes de mesa CNC (S. E. CARDENAS, 2017).

5.5.1 ANALISIS DE TRASMISIONES DE MOVIMIENTO DE ROBOT CARTESIANO

Compararemos 4 distintas opciones de transmisiones de movimiento para un Robot cartesiano en donde se analizará la solución óptima para el proceso de revestimiento en placas metálicas.

(1) Transmisión por piñón cremallera

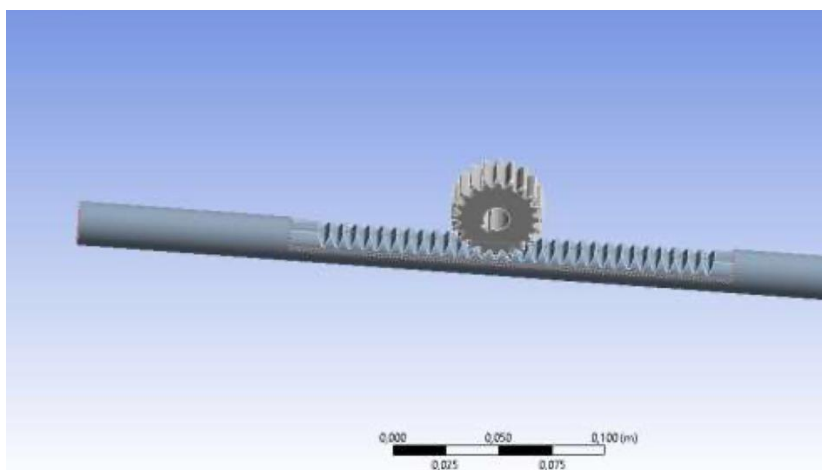


FIGURA 5. Piñón y cremallera (VALLEJO, 2020).

El primer mecanismo consiste en utilizar transmisión por cremallera y piñón en donde este dispositivo hace la conversión de movimiento de rotatorio en lineal y viceversa; en donde

tendremos un motor y en su eje se empotrara el piñón, el cual al girar sobre la cremallera produce un movimiento rectilíneo llamado movimiento longitudinal el cual corresponde al movimiento que se le proporcionara a la viga transversal, en este mecanismo la cremallera recibe directamente las cargas que se oponen a su movimiento el cual es dado por el piñón como se puede observar en la Figura 8. De la misma forma proporcionaría el movimiento del cabezote por la viga transversal (2) Figura 8. (S. E. Cardenas, 2017)

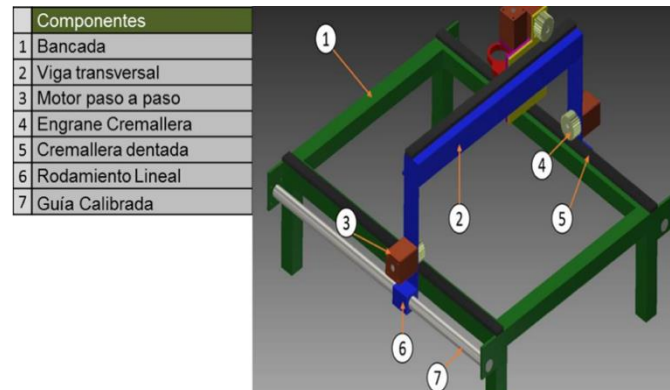


FIGURA 6. Mecanismo piñón y cremallera (S. E. CARDENAS, 2017).

(2) Transmisión por Tornillo de Potencia

El segundo mecanismo consiste en utilizar transmisión por tornillo de potencia para transmitir el movimiento, dicho tornillo sería un actuador lineal mecánico que iría acoplado en un extremo a un motor, el cual le bridaría el movimiento de rotación que se convertiría en un movimiento lineal bien sea longitudinal o transversal, y en el otro extremo iría apoyado y sujeto a una chumacera o rodamiento; esta propuesta tiene pocas perdidas por la fricción (S. E. Cardenas, 2017).

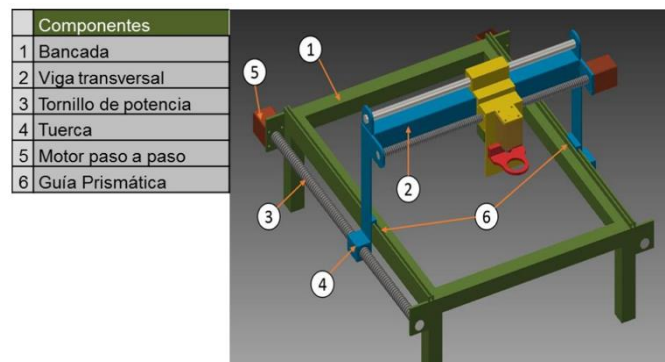


FIGURA 7. Mecanismo de tornillo de potencia (S. E. CARDENAS, 2017).

(3) Transmisión por Poleas

El tercer mecanismo consiste en utilizar una polea principal como se ve en la Figura 10, unida al motor, la cual transmitiría los movimientos por medio de una correa que se sujetaría a unas poleas guías creando así el sistema de trasmisión. (S. E. Cardenas, 2017)

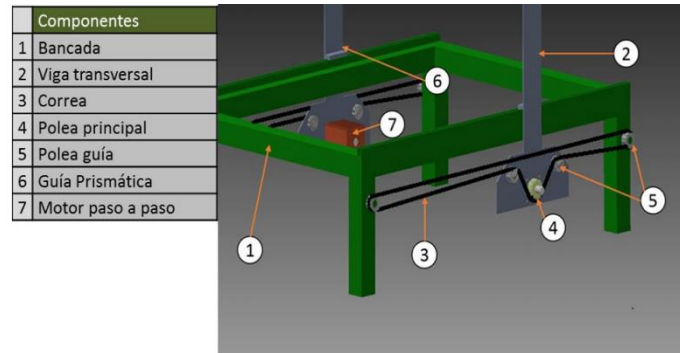


FIGURA 8. Prototipo, transmisión por poleas (S. E. CARDENAS, 2017).

(4) Transmisión por Cadena

El cuarto mecanismo utiliza un motor unido a un piñón y este trasmite el movimiento por medio de una cadena la cual esta sujeta a otro piñón el cual esta acoplado en un eje y este su vez a un piñón el cual se moverá por una cremallera dentada permitiendo el movimiento longitudinal de la viga transversal. (S. E. Cardenas, 2017)

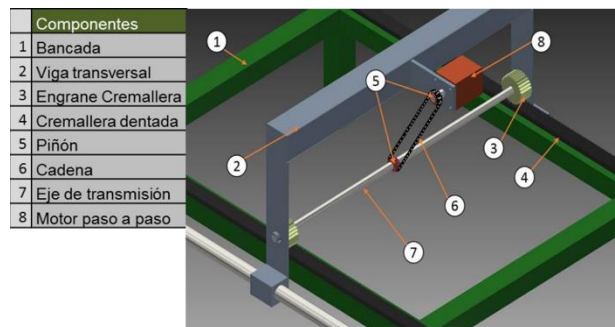


FIGURA 9. Prototipo, transmisión por poleas (S. E. CARDENAS, 2017).

Evaluaremos 4 aspectos para poder elegir la transmisión de movimiento más adecuada para nuestro proyecto, analizaremos. las ventajas y desventajas de cada sistema.

Sistema de Transmisión de Movimiento	Ventajas	Desventajas
Trasmisión por cremallera y piñón	Alta rigidez Alta Definición Gran capacidad de carga	Costo Elevado Par de Inercia Elevado
Transmisión por Tornillo de Potencia	Buena Seguridad Alta Definición	Costo Elevado
Transmisión por Poleas	No requiere lubricación Cambio fácil de repuestos Sistema silencioso	Mantenimiento Periódico Grandes esfuerzos en apoyos (eje polea)
Transmisión por Cadena	Elemento normalizado de fácil intercambio Inercia baja, Ausencia de deslizamiento	Sistema ruidoso Vida útil moderada Requiere lubricación

TABLA 5. Análisis de mecanismos (QUIJORNA, 2007).

5.6 CAD/CAM (COMPUTER AIDED DESIGN AND MANUFACTURING)

CAD / CAM es un término que significa diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora. Es la tecnología relacionada con el uso de computadoras digitales para realizar ciertas funciones en el diseño y la producción. Esta tecnología avanza en la dirección de una mayor integración del diseño y la fabricación, dos actividades que tradicionalmente se han tratado como funciones distintas y separadas en una empresa de producción. En última instancia, CAD / CAM proporcionará la base tecnológica para la fábrica integrada por computadora del futuro. (Mikell P. Groover, 2008)

El diseño asistido por computadora (CAD) se puede definir como el uso de sistemas informáticos para ayudar en la creación, modificación, análisis u optimización de un diseño. Los sistemas informáticos consisten en hardware y software para realizar las funciones de diseño especializadas requeridas por la empresa usuaria en particular. El hardware CAD generalmente incluye la computadora, uno o más terminales de visualización de gráficos, teclados y otros equipos periféricos. El software CAD consta de programas informáticos para facilitar las funciones de ingeniería de la empresa de uso. Ejemplos de estos programas de aplicación incluyen análisis de tensión-deformación de componentes, respuesta dinámica de mecanismos, cálculos de transferencia de calor y programación de piezas de control numérico. La colección de programas de aplicación variará de una empresa usuaria a otra porque sus líneas de productos, procesos de fabricación y mercados de clientes son diferentes. Estos factores dan lugar a diferencias en los requisitos del sistema CAD. (Mikell P. Groover, 2008)

La fabricación asistida por computadora (CAM) se puede definir como el uso de sistemas informáticos para planificar, administrar y controlar las operaciones de una planta de fabricación a través de una interfaz informática directa o indirecta con los recursos de producción de la planta. Como lo indica la definición, las aplicaciones de la fabricación asistida por computadora se dividen en dos categorías amplias:

1. Seguimiento y control informático. Estas son las aplicaciones directas en las que la computadora está conectada directamente al proceso de fabricación con el propósito de monitorear o controlar el proceso.
2. Aplicaciones de apoyo a la fabricación. Se trata de la aplicación indirecta en la que se utiliza la computadora en apoyo de las operaciones de producción en la planta, pero no existe una interfaz directa entre la computadora y el proceso de fabricación.

La distinción entre las dos categorías es fundamental para comprender la fabricación asistida por computadora. Parece apropiado desarrollar nuestras breves definiciones de los dos tipos. La supervisión y el control por computadora se pueden dividir en aplicaciones de supervisión y aplicaciones de control. El monitoreo de procesos por computadora implica una interfaz de computadora directa con el proceso de fabricación con el fin de observar el proceso y el equipo asociado y recopilar datos del proceso. La computadora no se utiliza para controlar la operación directamente. El control del proceso queda en manos de operadores humanos, quienes pueden ser guiados por la información recopilada por la computadora. (Mikell P. Groover, 2008)

El control de procesos por computadora va un paso más allá del monitoreo, no solo observando el proceso sino también controlando en base a las observaciones. Con la supervisión por

computadora, el flujo de datos entre el proceso y la computadora es en una dirección internamente, desde el proceso hasta la computadora. En control, la interfaz de la computadora permite un flujo de datos bidireccional. Las señales se transmiten desde el proceso a la computadora, al igual que en el caso del monitoreo por computadora. Además, la computadora emite señales de comando directamente al proceso de fabricación basándose en algoritmos de control contenidos en su software.

Además de las aplicaciones que involucran una interfaz directa de computadora-proceso con el propósito de monitorear las operaciones de la planta. En estas aplicaciones, la computadora no está vinculada directamente al proceso de fabricación. En cambio, la computadora se utiliza "fuera de línea" para proporcionar planes, programas, pronósticos, instrucciones e información mediante la cual los recursos de producción de la empresa se pueden administrar de manera más efectiva. (Mikell P. Groover, 2008)

5.7 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

El proceso TeroMatec es un proceso de soldadura semi-automática, que utiliza el metal de aporte en rollos de alambre tubular. El calor de fusión de la soldadura se obtiene mediante un arco eléctrico que establece entre el alambre tubular, (el consumible) y la pieza de trabajo en el interior de dicho alambre tubular se encuentra un fundente micro pulverizado, el cual produce una campana protectora de gases durante el soldeo y además provee una capa fina de escoria que protege el depósito de soldadura durante el enfriamiento. Al establecer el arco eléctrico, se energiza el alimentado y procede éste a avanzar el alambre tubular a la velocidad regulada por el operario. En función de la velocidad de alimentación del electrodo y del amperaje regulado en la fuente de poder, es posible controlar los kg/h. (Eutetic Corporation USA, 2016)



FIGURA 10. Proceso de soldadura teromatec (EUTETIC CORPORATION USA, 2016)

Ventajas del proceso TeroMatec:

- 1) Velocidad del depósito hasta 5 veces mayor que los electrodos manuales.
- 2) Eficiencia del depósito entre 30 % y 40% mayor que los electrodos manuales.
- 3) Baja entrada de calor, debido a la elevada velocidad de avance.
- 4) El equipo se presta para la automatización. (Eutetic Corporation USA, 2016)

5.8 OPERACIONES PARA EL CONTROL DE ALTURA

Al cortar con una máquina cortadora de plasma CNC, se requiere un sistema de control de altura para mantener una distancia constante entre la punta del soplete de corte por plasma y la placa de metal que se está cortando. Por más plana que pueda parecer una mesa de corte, la verdad es que los platos nunca son perfectamente planos y las mesas de corte nunca permanecen perfectamente niveladas. Sin alguna forma de mantener el espacio entre la antorcha y la placa, la antorcha se elevaría demasiado y soltaría el arco, o bajaría demasiado y chocaría contra la placa. (ESAB, 2014)

Para mantener una buena calidad del borde de corte y un tamaño de pieza preciso, el sistema de control de altura no solo debe mantener una altura constante, sino que también debe tener la altura correcta. Si la antorcha está demasiado alta durante el corte, habrá demasiado bisel superior y probablemente demasiada escoria. Si la antorcha está demasiado cerca de la placa durante el corte, habrá un bisel inferior (bajo corte), la antorcha puede estrellarse y es probable que se dañe la boquilla. La altura también afecta el ancho de la sangría, que a su vez afecta el tamaño de la pieza.

La forma más común de mantener la altura de corte correcta es mediante el uso de un sistema de “Control de altura de voltaje de arco”. El control de la altura del voltaje del arco es un sistema automático que mantiene la altura de corte manteniendo un voltaje constante a través del arco. Funciona midiendo el voltaje entre el electrodo de la antorcha y la placa que se está cortando. La medida real es entre dos puntos en el circuito a cada lado del arco, generalmente un punto en la caja de plomería donde se conecta el cable de la antorcha y un punto en la fuente de alimentación del plasma donde se conecta la tierra de trabajo. Cuanto más alto esté el soplete sobre la placa, más se alargará el arco y, por lo tanto, el voltaje será mayor. A medida que la antorcha se acerca a la placa, el arco se acorta, lo que hace que el voltaje sea más bajo. Un circuito de retroalimentación electrónica compara el voltaje real con un punto de ajuste y luego impulsa el motor del levantador de antorcha hacia arriba o hacia abajo según sea necesario para mantener un voltaje constante. El punto de ajuste viene del operador a través de un dial en una caja de control o a través de la máquina de corte CNC. (ESAB, 2014)

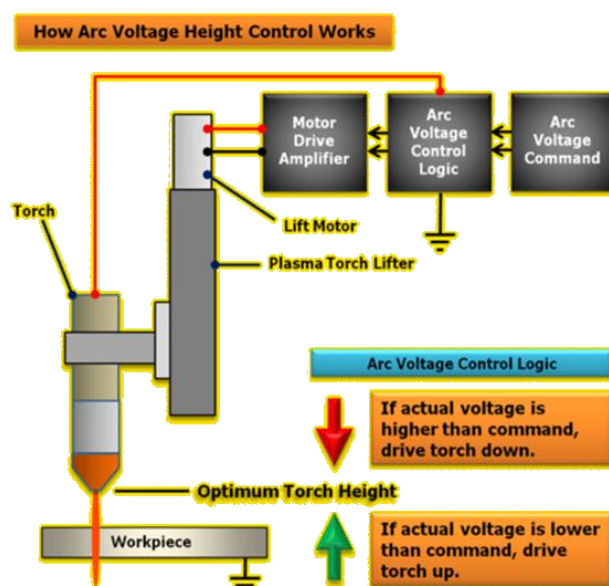






FIGURA 11. Control de voltaje de arco (ESAB, 2014)

5.9 ANÁLISIS DE DISTINTOS CONTROLADORES DE ALTURA PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO EN PLACAS METÁLICAS MEDIANTE SOLDADURA DURA.

THC	Principio de medición	Ventajas	Desventajas
 <p data-bbox="204 853 480 904">FIGURA 12. No contacto capacitivo. (CNC 4 PC, 2020)</p>	Capacitivo NonContact Height Sensor for plasma and oxy fuel cutter	Se adapta a Match3 y PWM. Alta sensibilidad Arriba Abajo con salidas de 24V. Es muy bueno para cortadores de llama. Ahorra varios segundos de corte debido a que no hace contacto. (CNC 4 PC, 2020)	Los anillos que se colocan en la antorcha se llenan de fundición de metal debido a que se encuentra en contacto directo con el proceso. Reemplazar los anillos de forma periódica para garantizar el corte. Aumento de costos de mantenimiento.

 <p>FIGURA 13. Sensor óhmico. (FLASHCUTCNC)</p>	Óhmico	<p>Trabaja con altura inicial. La antorcha toca la placa como altura inicial para una medida correcta. Se habilita el sensor desde el CNC. Divisor de voltaje 50:1 (FlashCutCNC)</p>	<p>Las mediciones varían en metales oxidados. No es compatible con Match 3. Difícil de importar. Genera Ruido. Necesita un software externo. Necesita una fuente externa de 35V.</p>
 <p>FIGURA 14. Sensor óptico</p>	Óptico	<p>Retro-reflective. Todos los objetos que interrumpen el haz de luz se detectan con precisión independientemente de la estructura o el color de su superficie. Cuenta con indicadores LED de alta visibilidad para alimentación, señal y salida. (Banner The Photoelectric Specialist, 2020)</p>	<p>Debido a que en el proceso se genera cantidades altas de humo no capta medidas exactas. Necesita protocolos de comunicación con la placa madre de la mesa.</p>
 <p>FIGURA 15. Sensor inductivo. (OMRON INDUSTRIAL AUTOMATION, 2018)</p>	Inductivo	<p>Los sensores de proximidad inductivos detectan la pérdida magnética debido a las corrientes parásitas que se generan en una superficie conductora por un campo magnético externo. (Omron Industrial Automation, 2018)</p>	<p>Se tendría variaciones en las medidas debido a los terminales positivos y negativos de la soldadura en el proceso de fundición conocido como electrical noise además está en contacto directo con el proceso, por las altas temperaturas de fundición de metal este sensor se derretiría.</p>
	Voltaje de arco	Usando un potenciómetro para	

 <p>FIGURA 16. The voltaje de arco. (ROBOT3T, 2020)</p>		<p>cambiar en línea la altura de la antorcha. Divisor de voltaje para obtener la señal. Usar algoritmos de procesamiento de señales para derivar la estabilidad de voltaje de soldadura Detecta automáticamente ARC OK, calibra automáticamente el voltaje del arco Controla directamente el controlador de los ejes Z con señal Step / Dir, brinde un alto rendimiento y más precisión. Divisor de voltaje integrado 1:50 Esta versión está especificada para integrarse con el software Mach3. (Robot3T, 2020)</p>	
---	--	--	--

TABLA 6. Controladores de altura

5.10 PARÁMETROS USADOS PARA SIMULACIÓN Y DISEÑO

Para garantizar el proceso se realiza la simulación de las probetas de soldadura en la placa mediante dos diferentes softwares:

5.10.1 CAD – AUTODESK

CAD, o diseño y redacción asistidos por computadora (CADD), es una tecnología para el diseño y la documentación técnica, que reemplaza la redacción manual por un proceso automatizado.

El diseño CAD (diseño asistido por computadora) se utiliza en casi todas las industrias, en proyectos tan amplios como el diseño de paisajes, la construcción de puentes, el diseño de edificios de oficinas y la animación de películas. Con los programas CAD 2D o 3D, puede realizar una variedad de tareas: puede crear un modelo 3D de un diseño, aplicar material y efectos de luz, y documentar el diseño con dimensiones y otras anotaciones.

Si es diseñador, dibujante, arquitecto o ingeniero, probablemente haya utilizado programas CAD en 2D o 3D como AutoCAD o AutoCAD LT. Estos programas de software ampliamente utilizados pueden ayudarlo a redactar la documentación de construcción, explorar ideas de diseño, visualizar conceptos a través de representaciones fotorrealistas y simular cómo funciona un diseño en el mundo real. (Autodesk Inc, 2021)



FIGURA 17. Software autodesk autocad (AUTODESK INC, 2021)

5.10.2 SOLIDWORKS

SOLIDWORKS fue desarrollado por el graduado del MIT Jon Hirschtick y fue comprado por Dassault Systems en 1997. El software ahora incluye una serie de programas que se pueden utilizar tanto para diseño 2D como 3D.

SOLIDWORKS se utiliza para desarrollar sistemas mecatrónicos de principio a fin. En la etapa inicial, el software se utiliza para la planificación, la ideación visual, el modelado, la evaluación de viabilidad, la creación de prototipos y la gestión de proyectos. Luego, el software se utiliza para el diseño y la construcción de elementos mecánicos, eléctricos y de software. Por último, el software se puede utilizar para la gestión, incluida la gestión de dispositivos, el análisis, la automatización de datos y los servicios en la nube.

Los ingenieros mecánicos, eléctricos y electrónicos utilizan las soluciones de software SOLIDWORKS para formar un diseño conectado. El conjunto de programas tiene como objetivo mantener a todos los ingenieros en comunicación y capaces de responder a las necesidades o cambios de diseño. (SolidWorks, 2021)



FIGURA 18. Solidworks. (SOLIDWORKS, 2021)

5.11 MATERIAL DE LAS PLACAS DE DESGASTE

5.11.1 ALAMBRES ESPECIALES UTILIZADOS PARA HACER LAS PLACAS ANTI DESGASTÉ.

El cable resistente al desgaste es un tipo de cable que puede resistir más de dos tipos de desgaste compuesto.

Método de clasificación:

- 1) El alambre de revestimiento duro a base de hierro y el alambre de revestimiento duro sin hierro se pueden dividir en dos categorías según su composición química y microestructura. Como el alambre de revestimiento duro a base de hierro se puede dividir en alambre de revestimiento duro de aleación de alto cromo, alambre de revestimiento duro de carburo de tungsteno, el alambre de revestimiento duro sin base de hierro se puede dividir en alambre de revestimiento duro a base de cobalto y alambre de revestimiento duro a base de níquel.
- 2) De acuerdo con la estructura del alambre de soldadura, se puede dividir en alambre de soldadura de núcleo sólido y alambre de soldadura con núcleo de fundente (también llamado tubular).
- 3) De acuerdo con la tecnología de soldadura, se puede dividir en soldadura por arco con protección de gas, soldadura por arco sumergido, revestimiento de llama, revestimiento de plasma y alambre de revestimiento duro por pulverización (soldadura).

Ventajas

- 1) Reparar una pieza desgastada para cumplir nuevamente con el requisito puede ahorrar entre un 25% y un 75% del costo que reemplazar la pieza desgastada.
- 2) Incrementar la vida útil de la pieza de trabajo. En comparación con la pieza de metal sin revestimiento, la pieza de metal con revestimiento puede aumentar la vida útil entre un 30% y un 800% en diferentes grados según su rango de servicio.

Buena resistencia a la abrasión, resistencia al desgaste por impacto, resistencia al desgaste adhesivo (desgaste intermetálico), resistencia al desgaste a altas temperaturas, resistencia al desgaste por corrosión y resistencia a más de dos tipos de desgaste compuesto. (Hardfacing, 2009)

Desventajas

- 1) Alambres no tan comunes en el mercado ecuatoriano, por lo que se necesita realizar importaciones desde el extranjero.

5.11.2 QUÍMICA DE ALEACIONES EN ALAMBRES

El revestimiento de aleación de uso común más alto es un hierro con alto contenido de cromo que consta de exactamente 1/3 de cromo y un excedente de 4% de carbono combinado.

Waldun hace que esto se correlacione con la placa con la química del cromo del 34,0%, el carbono del 5,4%, el manganeso del 3,5% y los demás al 1,3%, Balance Fe. Mientras tanto, esta aleación estándar se puede cambiar de muchas formas diferentes; puede mejorar la resistencia a la abrasión mientras reduce la tenacidad, o al revés. Por el contrario, la matriz puede endurecerse reduciendo el manganeso al 1%, con cierta reducción de la firmeza. Además, se puede lograr un refinamiento adicional mediante la adición de otros elementos de aleación. (Hardfacing, 2009)

Carburos la sustancia que proporciona a las aleaciones en polvo con alto contenido de cromo su capacidad para resistir la abrasión es el establecimiento de carburos primarios a partir de un compuesto químico de hierro, cromo y carbono, o hierro, cromo o carburo, que también se conoce como carburo de cromo. Se puede fabricar carburo de cromo puro de alta tasa; sin embargo, es costoso para la conservación de grandes áreas, por lo que Waldun utiliza carburo mixto, que involucra tanto cromo como hierro. Esto forma el carburo primario con la fórmula M_7C_3 , donde M especifica la mezcla de metal y cromo en el compuesto.

Dureza una aleación de recubrimiento estándar consta de un compuesto de carburos de cromo en una matriz de una aleación de cromo hierro-carbono. La dureza de los carburos de cromo primarios es proporcional a 1700HV (Dureza Vickers). Por ejemplo, limas de acero de taller ordinarias, con una firmeza de 600HV. En general, la dureza de estas aleaciones se puede calcular usando un probador de dureza Rockwell. Aunque no mide ni el carburo ni la matriz, da una agradable prueba general de la dureza de la aleación. Un valor medio de 54-60 HRC (Dureza Rockwell).

Microestructura en la extensión de la química, la característica más significativa de la superposición de aleación es su microestructura. Por lo tanto, cuando se examinan al microscopio, los carburos tomarán la forma de una sustancia blanca sobre un fondo oscuro, que es la matriz. Una microestructura perfecta, para una resistencia a la abrasión más excelente, debe tener una densa matriz de carburos en forma de aguja que, en el segmento transversal, parezcan delgados hexágonos con un pequeño orificio en el medio.

Además, siempre que note una aparición de manchas de forma irregular o avenidas de color blanco. Como escaleras, patrones de espina de pescado o postes centrales con peldaños en cualquiera de los lados. Esta es una señal segura de que el contenido de carbono está por debajo del óptimo para una alta resistencia a la abrasión, pero también ha mejorado las propiedades de resistencia al impacto. (Hardfacing, 2009)

Las aleaciones de hierro-cromo-carbono se utilizan en condiciones en las que se requiere resistencia a la abrasión. Su exclusiva resistencia al desgaste por abrasión se debe principalmente al alto volumen y la descomposición de la fracción de carburo duro en la matriz de metal de soldadura. El estudio de las microestructuras de aleaciones de Fe-Cr-C (hierro, cromo, carbono) ha demostrado que este tipo de materiales contienen estructuras hipoeutécticas, eutécticas e hipereutécticas. Las aleaciones que contienen 1.8-3.6% en masa de carbono y 11-30% en masa de cromo son superiores en términos de resistencia al desgaste, corrosión y oxidación, y se han adoptado como materiales resistentes a la abrasión para piezas resistentes al desgaste en la industria minera. Los carburos primarios se forman en grandes cantidades a concentraciones de carbono más altas. Los altos contenidos de cromo y carbono

en el metal de soldadura promueven la formación de partículas de carburo de cromo de alta dureza extrema (1700 HV) (Dureza Vickers), que están incrustadas en matrices de metales significativamente más dúctiles pero duros con una dureza promedio de aproximadamente 700 HV (60 HRC). Debido a la presencia de estos componentes, se alcanza un nivel de dureza de 600 HV a 840 HV (55-65 HRC) (Dureza Rockwell) en la capa superficial. (Janicki D, 2017) (Buchanan V, 2008)

La resistencia al desgaste lograda por capas de revestimiento duro con compuestos de carburo (principalmente M7C3 y M3C) con dureza en el rango de 1500–3000 HV es más de unas pocas veces mayor que la de los materiales resistentes al desgaste generalizados. (Marulanda-Arevalo J, 2017) (Zum Gahr, 2017)

5.11.3 MÉTODO DE REVESTIMIENTO DURO POR SOLDADURA PARÁMETROS

Velocidad de Soldadura

Desde el punto de vista de la formación de soldadura, cuando la velocidad de soldadura es demasiado pequeña, la energía de la línea es demasiado grande y se derrite más metal, lo que hace que el metal fundido fluya a ambos lados de la soldadura y afecta la formación de la soldadura al mismo tiempo, es fácil para causar el defecto de no fusión entre la parte del borde y el material base. Cuando la velocidad de soldadura es demasiado alta, hará que el centro de la capa de superficie sea cóncavo o que el espesor sea desigual. Con el aumento de la corriente de soldadura, la velocidad de soldadura también aumenta ligeramente. Además, la velocidad de soldadura también afecta el grosor de la capa de superficie. Por lo tanto, en la soldadura de superficie real, debemos considerar varios factores para seleccionar la velocidad de soldadura. (Superior Consumables, 2021)

La composición química y la microestructura de la capa superficial se eligen para lograr la mayor resistencia al desgaste y durabilidad de los componentes terminados de la máquina y el aparato. El impacto de los elementos de aleación sobre la dureza de la capa superficial es diverso. Para los aceros resistentes al desgaste, la alta dureza se logra mediante un proceso de fusión en condiciones metalúrgicas adecuadas y la adición de cantidades determinadas de carbono, manganeso, cromo, niobio, molibdeno y endurecimiento térmico. Para placas compuestas resistentes al desgaste, la dureza de la superficie se logra mediante la formación de compuestos de carbono metálico en forma de partículas duras discretas, conocidas como carburos. (Janicki D, 2017) (Lisiecki A, 2016) (Tabrett C.P, 1996)

5.12 ANALISIS METALOGRAFICOS

La metalografía es la disciplina que estudia microscópicamente las características estructurales de un metal o de una aleación. Sin duda, el microscopio es la herramienta más importante del metalurgista tanto desde el punto de vista científico como desde el técnico. Es posible determinar el tamaño de grano, forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen gran efecto sobre las propiedades mecánicas del metal. La microestructura revelará el tratamiento mecánico y térmico del metal y, bajo un conjunto de condiciones dadas, podrá predecirse su comportamiento esperado. (Cad Cae Ingeniería Ltda, 2017)

Tamaño de Grano

El tamaño de grano tiene un notable efecto en las propiedades mecánicas del metal. Los efectos del crecimiento de grano provocados por el tratamiento térmico son fácilmente predecibles. La temperatura, los elementos aleantes y el tiempo de impregnación térmica afectan el tamaño del grano. (Donald A. Asqueland, 1996)

Clasificación de los Tamaños de Grano.

Existen diversos métodos para determinar el tamaño de grano, como se ven en un microscopio. El método que se explica aquí es el que utiliza con frecuencia los fabricantes. El tamaño de grano se determina por medio de la cuenta de los granos en cada pulgada cuadrada bajo un aumento de 100X. La figura A es una carta que representa el tamaño real de los granos tal como aparece cuando se aumenta su tamaño 100X. El tamaño de grano especificado es por lo general, el tamaño de grano austenítico. Un acero que se temple apropiadamente debe exhibir un grano fino. (Donald A. Asqueland, 1996)

5.12.1 DIAGRAMA HIERRO-CARBONO

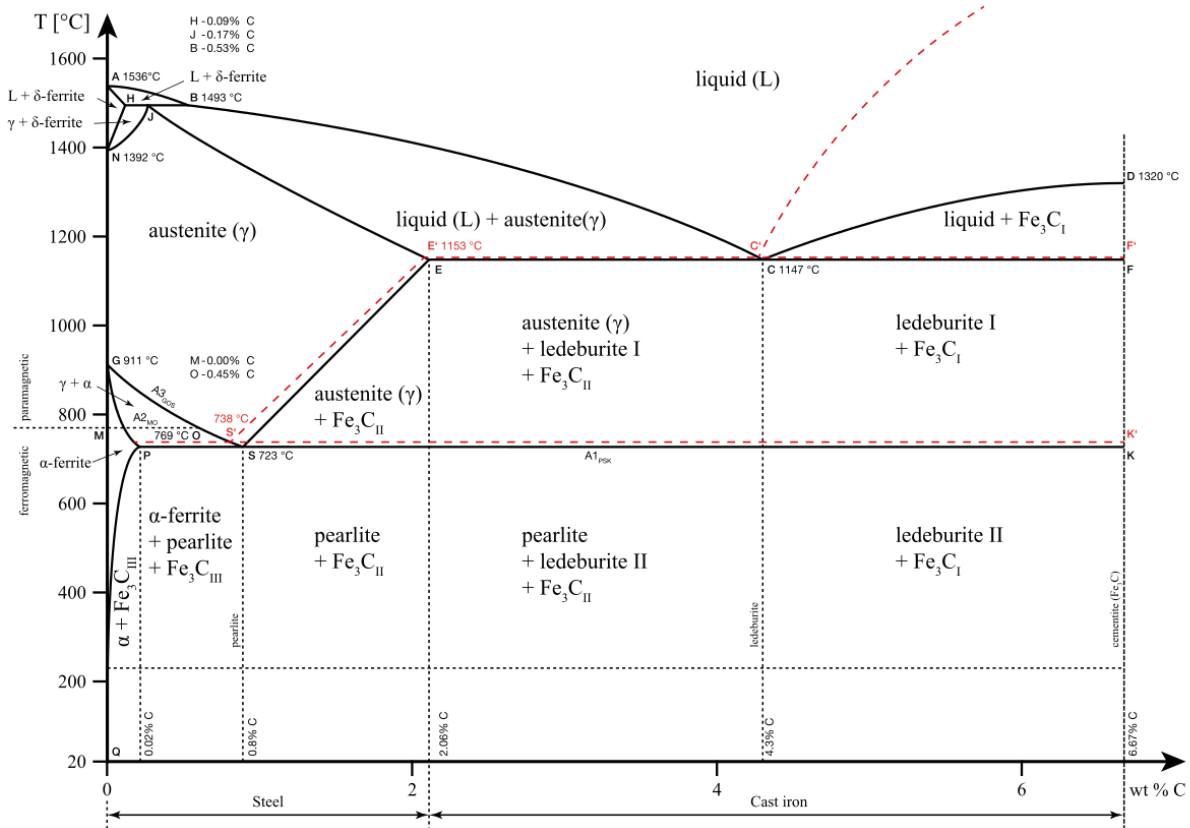


FIGURA 19. Diagrama de fases hierro carbono. (LUIS BERNARDO LOPEZ VAZQUEZ, 2015)

El diagrama de fases de hierro-carbono se usa ampliamente para comprender las diferentes fases del acero y el hierro fundido. Tanto el acero como el hierro fundido son una mezcla de hierro y carbono. Además, ambas aleaciones contienen una pequeña cantidad de oligoelementos.

El gráfico es bastante complejo, pero dado que estamos limitando nuestra exploración a Fe_3C , solo nos enfocaremos hasta el 6.67 por ciento en peso de carbono. (Luis Bernardo Lopez Vazquez, 2015)

Este diagrama de fase de hierro y carbono se representa con las concentraciones de carbono en peso en el eje X y la escala de temperatura en el eje Y.

5.13 MICRO ESTRUCTURAS DE ALEACIONES CON CARBONO

Perlita:

La fina mezcla de ferrita y cementita que se encuentra en los aceros. El eutectoide, perlita, estará completo cuando el contenido de carbono alcance el 0,8%. En la mayoría de los aceros antiguos, es común una mezcla de ferrita y perlita. (David A. Scott, 1999)

Eutectoide:

La descomposición de una fase sólida en dos fases sólidas finamente dispersas crea una estructura llamada eutectoide. El punto eutéctico se fija en aleaciones binarias y en morfología puede parecerse al eutéctico. (David A. Scott, 1999)

Cementita:

Componente duro y quebradizo de las aleaciones de hierro-carbono, que contiene aproximadamente un 6,6% de carbono, que corresponde a la fase Fe_3C y que cristaliza en el sistema ortorrómbico. Es soluble en hierro fundido, pero la solubilidad disminuye en austenita hasta aproximadamente 0,9% a temperatura eutéctica. La perlita, el eutéctico de la ferrita y la cementita, es el componente más común. (David A. Scott, 1999)

Ledeburita:

Nombre aplicado al eutéctico de cementita-austenita al 4,3% de carbono que se congela a 1130 °C. Durante el enfriamiento, la austenita en el eutéctico puede transformarse en una mezcla de cementita y austenita. (David A. Scott, 1999)

Ferrita:

Es una solución sólida de pequeñísimas cantidades de C en $Fe\alpha$. La máxima solubilidad, a los 723o C, es de 0,025% de C. Debido a que este valor es despreciable, se considera a la ferrita como $Fe\alpha$ casi puro. También puede disolver bajas cantidades de Si, P y otras impurezas (en aceros al carbono), y Ni, Mn, Cr, Al, N, etc. (en aceros aleados). (David A. Scott, 1999)

Martensita:

Se obtiene por enfriamiento rápido de la austenita, sin que actúe la difusión. Es una solución sólida sobresaturada de C en hierro α , por lo que la estructura cristalina es tetragonal centrada. Su elevada dureza aumenta con el porcentaje de C; no obstante, cuando se supera el 0,75% C queda algo de austenita sin transformar, y el promedio de dureza decrece ligeramente. (ASM International, 2016)

Ledeburitas:

En la producción de fundiciones, la ledeburita surge cuando el contenido de carbono es de entre 2,06% y 6,67%. La mezcla eutéctica de austenita y cementita es 4,3% de carbono, su fórmula empírica es $(Fe_3C: 2Fe)$, con un punto de fusión de 1147 °C. (punto eutéctico C) . Su nombre proviene de Adolf Ledebur (1837-1906), metalúrgico alemán que la describió en 1882. (ASM International, 2016)

Austenita:

Es la solución sólida de carbono en $Fe\gamma$ (FCC), cuya máxima solubilidad, 2 % C, se da a los 1130 °C. Se la incluye dentro de las estructuras de temple pues a partir de ella, cuando el enfriamiento es suficiente rápido para impedir la difusión del carbono, se forma la estructura típica del temple, martensita. En aceros aleados o hipereutécticos, se encuentra a temperatura ambiente ya que no alcanzan a transformar completamente a martensita durante el temple; en este caso se la denomina “austenita retenida”. También se encuentra a temperatura ambiente en aceros inoxidables de alto níquel, denominados austeníticos, y en los indeformables de alto Mn (12 %). (Mcguire, 2008)

6 MARCO METODOLÓGICO

6.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La investigación expuesta cuenta con una perspectiva que se ubica en un ámbito de una investigación cuantitativa, ya que se obtendrán datos numéricos en la manipulación y control de la posición del piloto y antorcha de la mesa CNC, mediante el ajuste de parámetros para garantizar un arco eléctrico continuo durante todo el proceso y por ende optimizar la geometría de cordón de soldadura para tener buenos resultados de endurecimiento del metal.

El tipo de investigación realizada fue aplicada en una mesa cartesiana adaptada a una soldadora para solventar los problemas de una empresa real, su alcance fue experimental donde se determinaron todos los parámetros idóneos de control para el perfecto funcionamiento del proceso. Además se determinaron alcances correlaciones entre algunos parámetros de control.

6.2 MÉTODO DEL PROCESO

6.2.1 PROCESO PARA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA



FIGURA 20. Proceso para determinación de parámetros de diseño mecánico y control para el proceso de revestimiento con soldadura dura.

Antes de la soldadura de revestimiento duro, el alambre de soldadura de superficie de arco abierto pasa a través de la rueda de alimentación de alambre y la boquilla conductora, se conecta un soplete de soldadura con el positivo de la fuente de poder de soldadura, el material base se conecta con el negativo de la fuente de poder de soldadura. El arco comienza a formarse entre el alambre y la placa base y entra en el proceso de soldadura constante. Posterior a entender el funcionamiento de la alimentadora TeroMac Wire Feeder 600 se realizaron pruebas manuales de soldadura para entender de mejor manera los parámetros como velocidad de soldado, velocidad de alimentación de alambre, distancia, amperaje, tipos de caligrafía, se llegó a la conclusión de que este proceso es muy complicado de realizarlo manualmente. Se realizó un análisis del arte referente al proceso de revestimiento duro que se muestra en el marco teórico. Se realizó levantamiento de información de la mesa CNC, como funciona los sistemas de transmisión de movimiento en los diferentes ejes pero con enfoque principal en el eje z debido a que en el eje z se colocó el aditamento para acoplar la mesa a la antorcha de soldadura, además se realizó el levantamiento de información de manera visual referente a la placa electrónica de control de la mesa la misma que es conectada a motores paso a paso, fin carreras, paros de emergencia y diferentes conocimientos de seguridad al momento de operar la máquina posterior a eso se realizó varias pruebas de movimiento mediante la manipulación del software mach3 el mismo que trabaja con Código G como lenguaje de programación.

6.2.2 PROCESO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LO SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

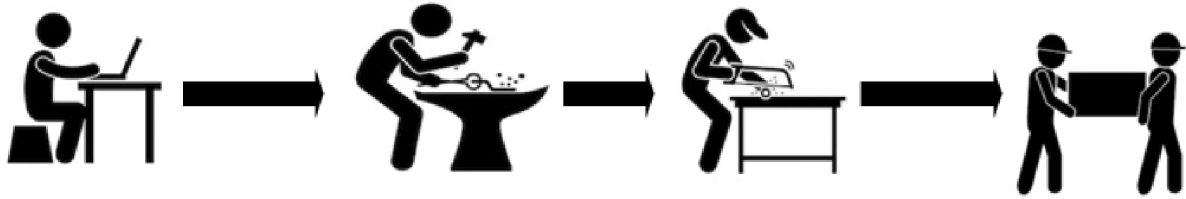


FIGURA 21. Proceso para el diseño y construcción de los sistemas mecánicos para el proceso de revestimiento con soldadura dura.

Se realizó diferentes esquemas para el acople mediante diseños en CAD del mecanismo de aditamento, se procedió a construir el acople considerando parámetros de diseño como el peso de la antorcha, para realizar este mecanismo es importante garantizar el material y considerar las diferentes temperaturas y cargas dinámicas a las que se someterá el acople, para esto se eligió el acero SAE 1035, se concluyó que el aditamento no sería sometido a ningún tipo de esfuerzo cortante, para realizar la pieza se utilizó un torno, taladro, plasma. Posterior a la construcción se realizó la implementación en la mesa CNC.

6.2.3 PROCESO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.



FIGURA 22. Proceso de la implementación del sistema de control para un proceso de revestimiento con soldadura dura en placas metálicas.

Se realizó el proceso de soldadura sin control y se concluyó que este proceso de soldadura necesita control de altura para garantizar el seguimiento de la placa ante diferentes deformaciones superficiales, se realizó el levantamiento de información de diferentes controles que sean compatibles con el proceso considerando diferentes factores como temperatura, forma de realizar la retroalimentación, principio de medición de altura. Se obtuvo el control y se implementó en la mesa CNC.

6.2.4 PROCESO DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA EN PLACAS METÁLICAS.

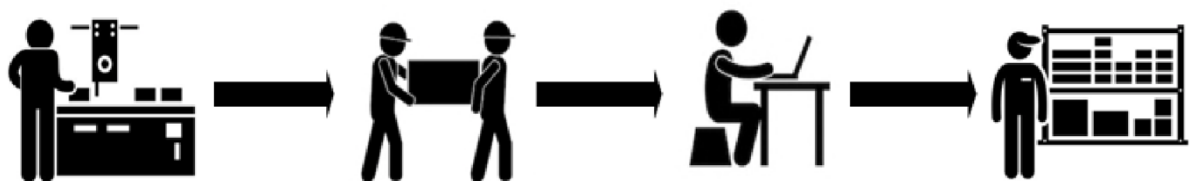


FIGURA 23. Proceso del análisis de los resultados obtenidos en el proceso de revestimiento con soldadura en placas metálicas.

En el curso de la soldadura de revestimiento duro, el ancho de oscilación del soplete de soldadura debe ser más de 4 veces el diámetro del alambre de soldadura, para evitar un ancho de oscilación excesivo que resulte en una penetración excesiva en ambos lados del cordón de

soldadura, un ancho de oscilación excesivo que resulte en una mala formando. El proceso de revestimiento duro de las partes vulnerables, como la boquilla conductora, la rueda de alambre debe reemplazarse a tiempo; de lo contrario, la alimentación del alambre no es suave y se rompe el arco. La longitud del alambre de soldadura debe ser moderada, no puede ser demasiado larga ni demasiado corta (en general, 25 mm), demasiado larga dará lugar a un cordón de soldadura desigual, afectará la formación de la soldadura, demasiado corta dará lugar a un arco roto, afectará la calidad de Soldadura continua y placa resistente al desgaste.

6.3 MÉTODO ESTADÍSTICO

6.3.1 MÉTODO ESTADÍSTICO PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

En esta sección no se aplica un método estadístico, se trabajo con las medidas de la placa de probetas de 15 cm x 15 cm y 30 cm x 70 cm, en el que se considero velocidades de avance de alambre de soldadura, velocidad de movimiento de motores, altura entre la placa y antorcha, corriente de la alimentadora.

6.3.2 MÉTODO ESTADÍSTICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

En esta sección se utilizo la simulación de los sistemas a construir mediante softwares de diseño mecánico. No se utilizo un método estadístico específico se realizo la toma de datos de dimensiones y medidas utilizadas para la optima simulación del proceso de revestimiento.

6.3.3 MÉTODO ESTADÍSTICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

Para la parte de control se utilizó los parámetros que se detallan en la sección 6.3.6 referentes a las variables que influyen en el control.

6.3.4 MÉTODO ESTADÍSTICO DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

Esta investigación obtuvo datos cuantitativos y cualitativos luego de un análisis de las pruebas de dureza lo cual permite la evaluación del estado de endurecimiento. Para el ensayo de penetración de un indentador. Dependiendo del tipo de punta empleada y del rango de cargas aplicadas, existen diferentes escalas, adecuadas para distintos rangos de dureza.

Todas las placas de revestimiento con revestimiento duro resistentes al desgaste examinadas se caracterizaron por:

- Propiedades geométricas comparables, es decir, forma, ondulación de la superficie y rugosidad de la superficie;
- Espesor de la capa de revestimiento duro ≥ 2 mm;
- Espesor de la placa base ≥ 4 mm;
- Contenido de material base adecuadamente bajo en la capa endurecida.

6.4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

Parámetros del diseño

Mediante un aditamento en la antorcha de soldadura al eslabón piloto del eje z de la mesa CNC, es fundamental la correcta selección del tipo de acero en este caso debido a la gama de propiedades del acero SAE 1018 conocido como eje de transmisión, en la parte cilíndrica de la figura, además el acero que conforma el aditamento y la entenalla de sujeción es obtenido de planchas de acero ASTM A36 este tipo de planchas en su manufactura son sometidas a calor para aumentar la dureza, se optó por este acero debido a que es bastante comercial en el mercado de acero ecuatoriano.

SAE 1018

Análisis típico %	C	Mn	P	S
SAE 1018	0,15 – 0,20	0,60	0,040	0,050

TABLA 7. Acero de bajo contenido de carbono

Aplicaciones

Donde se requiera de aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, pero con ciertos grados de tenacidad importantes como, por ejemplo: pernos y tuercas, pinzas de máquinas pequeñas, ejes, bujes, pasadores, etc.

Factible de cementación con buena profundidad de penetración con alto contenido de manganeso.
Excelente soldabilidad.

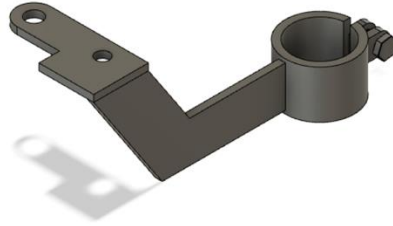


FIGURA 24. Diseño de aditamento

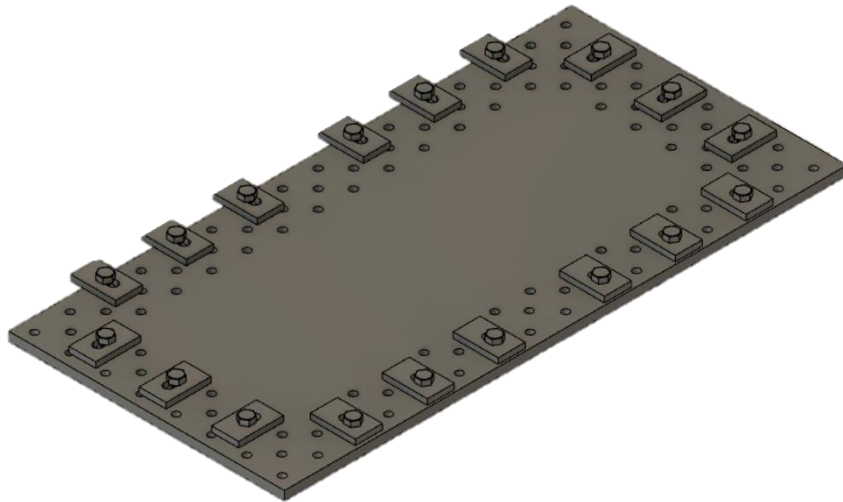


FIGURA 25. Diseño de entenalla.

6.4.1 SIMULACIONES SOLIDWORKS

Cuando se realiza un análisis, también denominado simulación, de un modelo, las tensiones y deformaciones tridimensionales se desarrollan en varias direcciones. Una forma de representar estas tensiones multidireccionales consiste en resumirlas en una tensión equivalente, denominada von-mises. El objetivo de esto es simular las propiedades del metal experimentalmente.

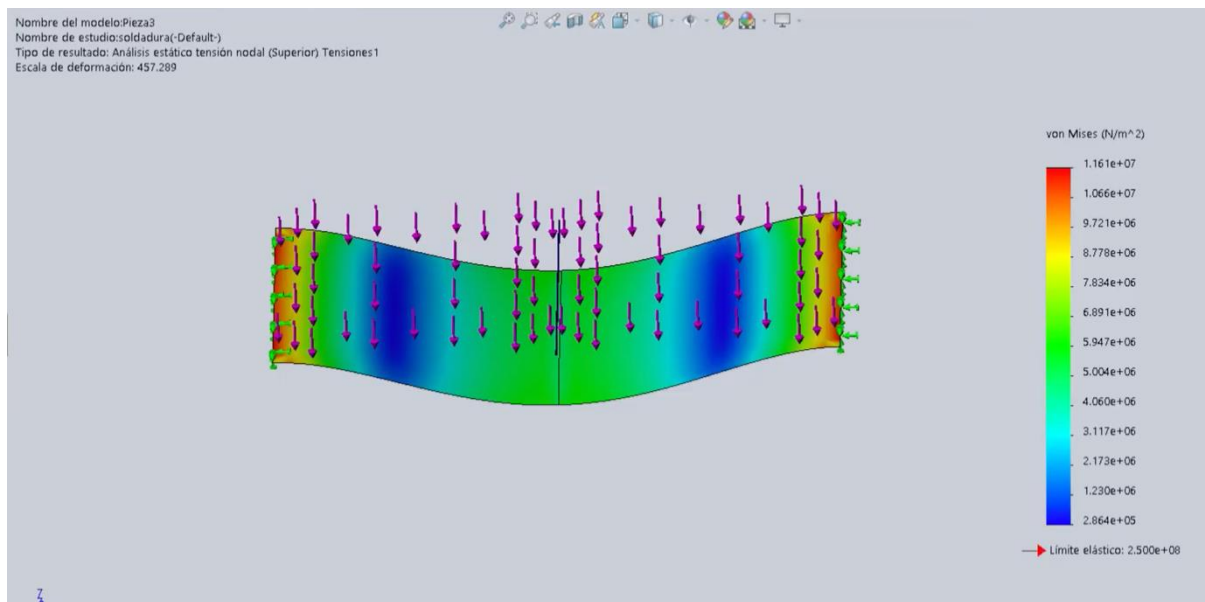


FIGURA 26. Análisis estático tensión nodal (-vonmises-).

La figura 26 representa el análisis estático de tensión nodal en la placa, se puede observar el valor de limite elástico que es $2.500e^{-8} \text{ mm}$ y es el mayor es fuerza que se puede aplicar al material sin causar una deformación permanente. Es decir cuanto se estira la pieza sin romperse.

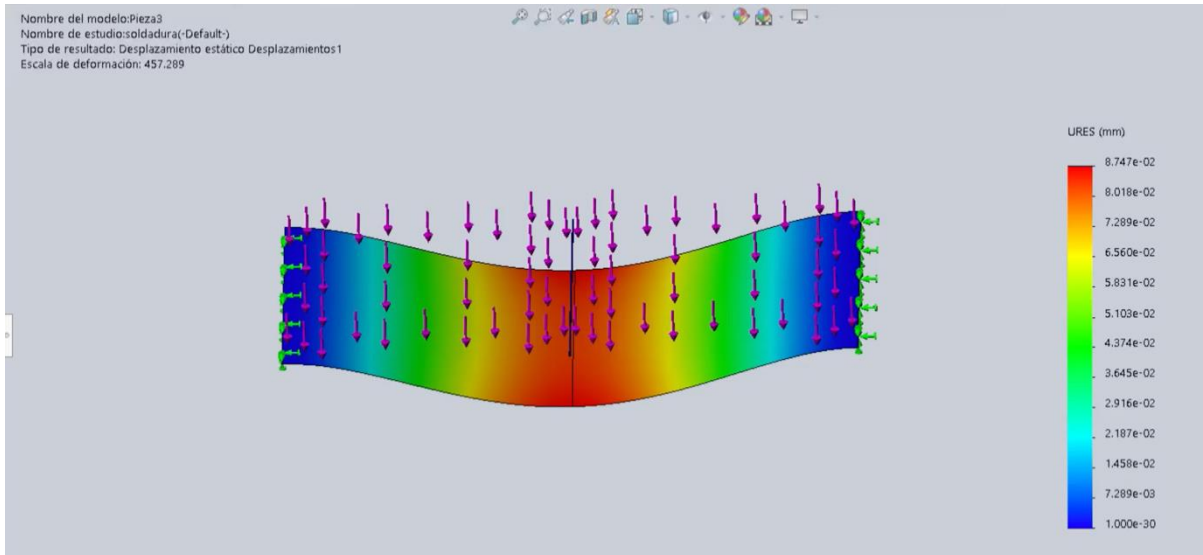


FIGURA 27. Desplazamiento estático (-despl res-)

La figura 27 representa el desplazamiento de la pieza, como se puede ver en la grafica el punto critico será a $8.747e^{-2} \text{ mm}$ se lo representa en la paleta de colores como el color rojo y es geoméricamente lógico si se tienen dos soportes a los lados el centro será la zona critica.

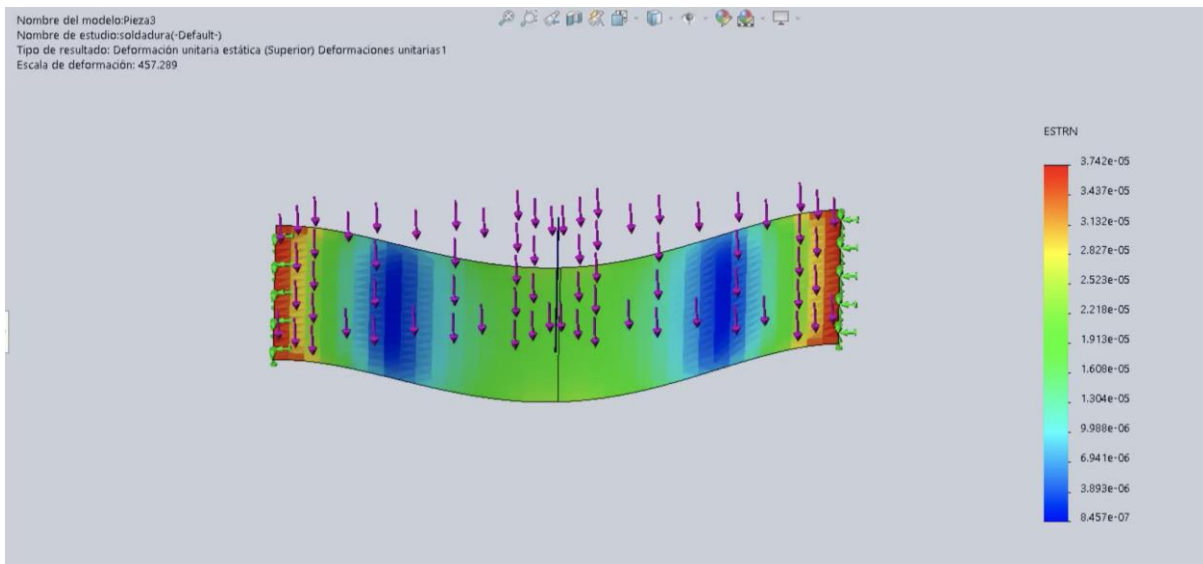


FIGURA 28. Deformaciones unitarias (-Equivalentes-).

La figura 28 representa la deformación que sufrirá la cara si se aplica una fuerza determinada, en este caso las zonas criticas son en los dos extremos del metal con valores aproximados de $3.742e^{-5} \text{ mm}$.

6.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

Los Parámetros de control si se pueden medir, se pueden controlar.

- **Altura U** (Distancia entre la placa y la antorcha (voltios)).

El valor que se teado en el THC es un voltaje el cual representa una altura.

Pruebas realizadas con THC soldando a alturas distintas.

Rango de altura U: 10v a 300v (Obtenido del Manual)

Altura (mm)	Voltaje en THC (V)
28	34
27	32
26	30
25	28
24	26
23	24
21	22

TABLA 8. Alturas y voltajes de THC.

El mejor parámetro es 28 voltios con, ya que con este parámetro se obtuvo el mejor cordón de suelda sin perder voltaje de arco, (Físicamente respecto a la placa de suelda original).

- **Área de Control A** (Altura Max y Altura Min a controlar).

Es el valor máximo y mínimo de voltaje que el THC controlará, si el voltaje supera al máximo o supera al mínimo, la antorcha no se moverá respecto al eje Z.

Rango de Área de control: 1v a 75v. (Obtenido del Manual)

$$AT \text{ max} = U + A$$

$$AT \text{ min} = U - A$$

Estos valores se calculan dependiendo el punto mas alto y mas bajo de oscilación al momento de estar soldando.

Al realizar distintas pruebas de soldadura en placas con diferentes inclinaciones pudimos encontrar el máximo voltaje que es 34 voltios y el mínimo voltaje que es 22 voltios.

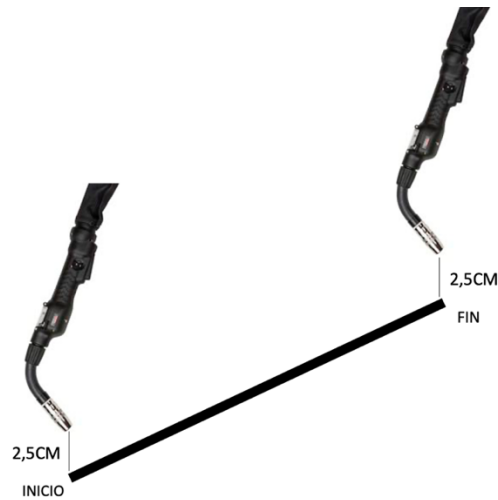


FIGURA 29. Inicio y fin de la altura de la antorcha respecto a la placa inclinada.

La Antorcha empezará a soldar a 2.5 cm de separación de la placa a “aumentar la dureza” y debería terminar a 2.5 cm de esta.

U	A	AT max	AT min
28	15	$23+15=43$	$28-15=13$

TABLA 9. Ejemplo de área de trabajo de THC.

El valor idóneo es $A=15$, ya que cuando se suelda el voltaje oscila y obtenemos mínimos y máximos y esos valores deben estar dentro del área para que sea haga el control.

- **Sensibilidad S**

Este parámetro determina el valor de respuesta del eje Z

450 (Este parámetro fue determinado al realizar las pruebas de la soldadura ya si le hacemos muy sensible afecta al cordón, y si le hacemos menos sensible el voltaje de arco se pierde)

Rango de Sensibilidad: 100 a 800. (Obtenido del Manual)

- **Tiempo de retardo d (Delay)**

El tiempo de retardo para enviar ARC_OK de 0.1 a 9.9s: THC enviará la señal ARC_OK después de este retardo, el propósito principal es que el eje Z no se mueva hacia abajo la primera vez que corte.

ajuste de fábrica: $d = 20$ (2s)

$d=2s$

Debemos tener este tiempo de retardo para poder encender la alimentadora. Y mandar a correr el programa en el Mach 3, también la otra solución era tener un tiempo de

retardo de 0.1s y encender el THD desde la ventana de comando de Mach 3 para. Que. el eje z no se mueva hacia abajo al momento de encender la alimentadora.

- **Error en Estado Estable v**

El error de estado estable es un rango en el que el voltaje se establece con error, en el que hay señales que controlan ARRIBA / ABAJO $v = 1-15V (\pm 1V \rightarrow \pm 15V)$,

ajuste de fábrica: $v = 5V (\pm 5V)$

$v=1v$

Debemos tener el menor error de voltaje para que el cordón sea lo mas perfecto posible.

6.6 MATERIALES Y EQUIPOS

6.6.1 ALAMBRE TUBULAR CON RECARGUE DUROS TEROMATEC 4601

Esta diseñado para lograr recubrimientos protectores de soldadura en aceros al carbono y aleados. Es especialmente adecuado para aceros al manganeso que se utilizan en las industrias de la construcción y movimiento de tierras. Su núcleo de fundente único y los elementos de aleación se combinan con la vaina de aleación tubular para producir depósitos que tienen una excelente resistencia a la abrasión, incluso cuando las condiciones de servicio incluyen impacto, corrosión y / o temperaturas elevadas. Deposita el pulimento en servicio para proporcionar una superficie lisa. (Eutectic Corporation USA, 2016)



FIGURA 30. Alambre con recargues duros teromatec 4601.

Datos Técnicos

Dureza típica: HRC 55-60 (dos pasadas)

Polaridad: DC (+) Electrodo positivo

Fuente de energía: voltaje constante y mecanismo de alimentación integrado

Aplicaciones

Barras rompe-martillos para trituradoras • Trituradoras secundarias - Chutes • Equipo para movimiento de tierra • Piezas del cucharón • Cadenas transportadoras - Trituradoras • Tornillos transportadores - Sinfines para molinos • Equipo de reparación de carreteras.

Industria

Cemento, Disposición Canteras Construcción Canteras, Minería de papel, Cemento Energía, Cemento Construcción.

Parámetros de arco

Diameter (in) (mm)	CURRENT RANGE (A)		VOLTAGE RANGE (V)		WIRE EXTENSION (CONTACT TIP)	
	Globular (Large Parts)	Fine Globular (Light Parts)	Globular	Fine Globular	Globular (Short Nozzle)	Fine Globular (Short Nozzle)
0.045" (1.2)	150-210	100-150	23-25	19-24	9/16" ± 1/8"	9/16" ± 1/8"
7/64" (2.8)	300-450	225-320	26-32	23-27	1.25" ± 1/8"	1.25" ± 1/8"

TABLA 10. Parámetros de arco de voltaje (EUTETIC CORPORATION USA, 2016)

6.6.2 ALAMBRE TUBULAR VAUTID FÜLLDRAHT-FLUX CORED WIRE

Los consumibles de soldadura VAUTID Hardfacing se utilizan donde los componentes están sujetos a abrasión, corrosión o impacto.

Extremadamente rápidos de aplicar, protegen los componentes de alto desgaste en plantas y maquinaria, y ofrecen una solución notablemente económica y duradera para una amplia gama de problemas de desgaste. (VAUTID, 2019)

Aleación dura con alto contenido de cromo y alto contenido de carbono a base de Fe. Análisis de material típico (DIN EN ISO 6847) [%]:

C: 4,5 - Cr: 28 - Fe: Equilibrio.

Dureza de 56-60 HRC.

VAUTID-100 produce un depósito de soldadura austenítico, resistente al desgaste y que contiene carburo primario. Es muy resistente a la abrasión. El material no se puede cortar con llama, ofrece buena resistencia a la formación de incrustaciones y no se puede mecanizar. El depósito de soldadura presenta grietas. (VAUTID, 2019)

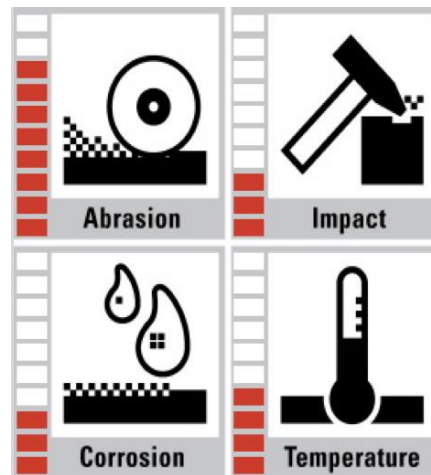


FIGURA 31. características de alambre vautid. (VAUTID, 2019)

6.6.3 PLACA BASE

El acero A36 (norma ASTM A36) es uno de los aceros estructurales de carbono más utilizados, aunque el contenido de carbono del acero estructural A36 es de un máximo de 0.29%, se considera acero suave (contenido de carbono $\leq 0.25\%$). (Grados Material Mundial, 2019)

El acero A36 a menudo se compara con AISI 1018 debido a su composición química similar, el acero al carbono A36 es comúnmente laminado en caliente, mientras que el acero 1018 es comúnmente laminado en frío.

El acero estructural A36 tiene buena soldabilidad, generalmente se lamina en caliente en acero rectangular, acero cuadrado, acero redondo, placa de acero, y también se hace comúnmente en todo tipo de secciones de acero, como vigas H, vigas I, canal U, ángulo de acero, tubo de acero, etc. (Grados Material Mundial, 2019)

6.6.4 ENTENALLA DE SUJECCIÓN

Para poder controlar la deformación de la placa base es muy importante la correcta sujeción, para esto diseñamos y construimos una entenalla y la correcta refrigeración con agua.

6.6.5 ROBOT CARTESIANO XYZ

Dentro de las aplicaciones de máquinas automatizadas, uno de los dispositivos de mayor uso es el robot cartesiano XYZ o mesa cartesiana XYZ, debido a que a partir de la combinación de movimientos lineales independientes se pueden generar trayectorias complejas en un espacio tridimensional. El principio del robot cartesiano es típicamente utilizado en la manipulación de objetos y en máquinas herramienta de control numérico computarizado (CNC: *computer numerical control*) tales como: centros de mecanizado, ruteadoras, cortadoras láser y plasma. La programación de las trayectorias que se pueden generar en estas máquinas está normalizada a través del código G. (Y. Altintas, 2000)

Las imágenes que podemos observar a continuación son de la Mesa CNC montada en “Talleres Cuesta” la cual consta de un armazón de hierro en donde descansa la cama de corte y donde

están fijadas las guías y las cremalleras que sirven de apoyo para el puente que sostiene la antorcha la cual se mueve por toda la mesa al momento de cortar o soldar.

Dicha mesa tiene 3 motores Nema 24 los cuales están distribuidos de la siguiente manera, el primer motor es el responsable del movimiento en el eje X por lo que su piñón se desplaza sobre la cremallera que esta encima del armazón negro junto a la guía que y sirven para mover todo el puente azul, el segundo motor es el responsable del movimiento en el eje Y por lo que su piñón se desplaza sobre la cremallera que esta encima del puente azul y sirve para mover la antorcha a los lados, el tercer motor es el responsable del movimiento en el eje Z por lo que su eje esta conectado a un tornillo sin fin el desplaza la tuerca que esta fijada al soporte de la antorcha y sirve para mover para mover la antorcha a de arriba hacia abajo pudiendo así ejecutar cortes o soldas mediante el código G que es el lenguaje de programación más usado en control numérico.

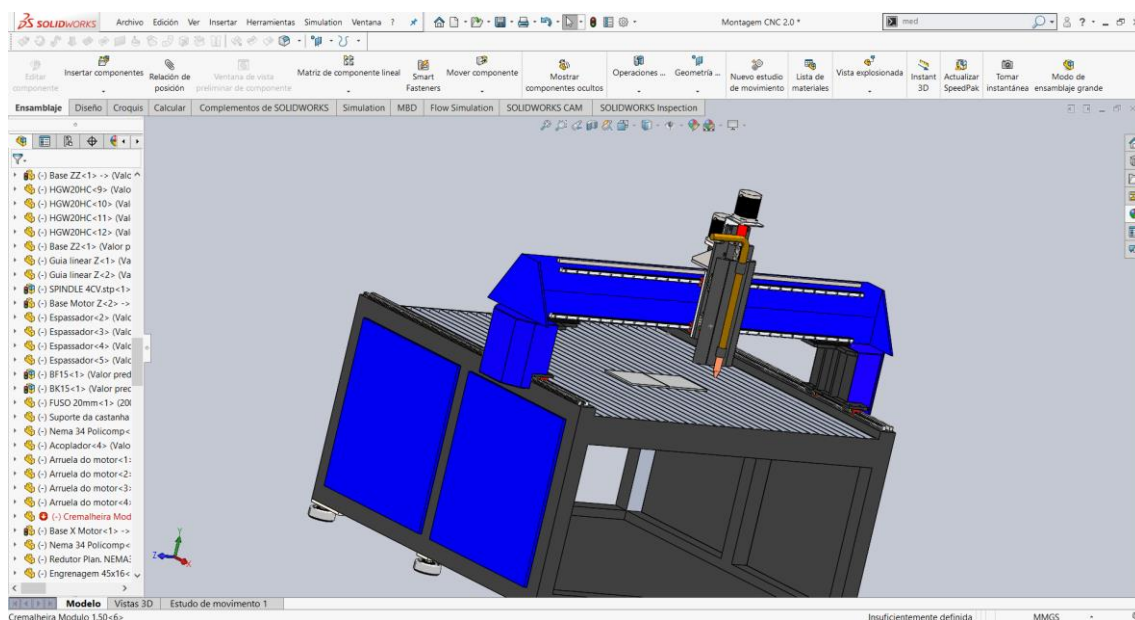


FIGURA 32. Diseño de mesa CNC Solidworks.

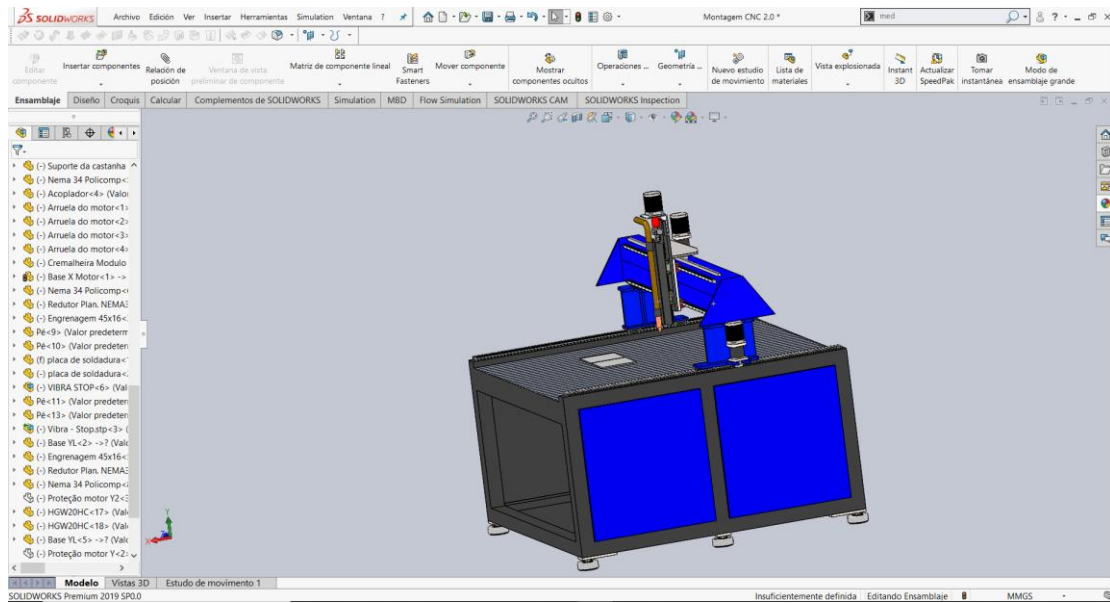


FIGURA 33. Diseño de mesa CNC Solidworks.

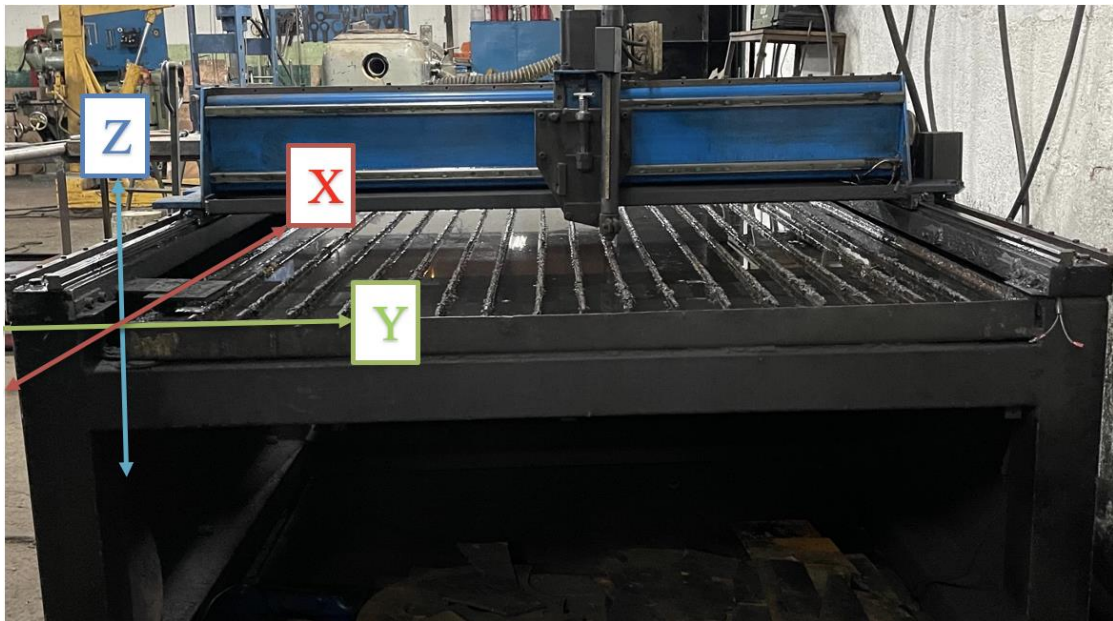


FIGURA 34. Mesa CNC Talleres Cuesta



FIGURA 35. Mesa CNC Talleres Cuesta

6.6.6 TEROMATEC WIRE FEEDER 600

Está diseñada para realizar, directamente, trabajos de recubrimiento y unión con alambres de arco abierto. Se conecta directamente a la tensión de arco. No es necesario conectar a la red. Funciona con cualquier fuente de alimentación para soldadura con autorregulación (AA o CC). El alimentador de alambre TeroMatec 600 es más fácil de usar que un electrodo manual ya que la autorregulación de la velocidad variable del alambre garantiza una longitud de arco constante. Todo cambio en la longitud de arco es compensado automáticamente mediante la tensión de arco que conduce la velocidad del alambre, esta función es exclusiva de este equipo. (Eutetic Corporation USA, 2016)



FIGURA 36. Teromatec wire feeder 600. (EUTETIC CORPORATION USA, 2016)

El alimentador de hilo TeroMatec WF 600 asegura suaves velocidades de empuje de alimentación para los hilos tubulares TeroMatec.

Datos Técnicos	TeroMatec Wire Feeder 600
Tensión de servicio	210-110 V DC
Corriente de circuito de control y del motor	10A máx (fusible 10A)
Rango de amperaje de soldadura	50-600A (dependiendo de la fuente de alimentación)
Diámetro de hilo	1.2 mm to 2.8 mm
Amperaje con ciclo de trabajo	
- 60%	400A Contactor - sin corriente directa en la antorcha
- 60%	600A con corriente directa en la antorcha

TABLA 11. Datos técnicos de Teromatec Wire Feeder 600. (EUTETIC CORPORATION USA, 2016)

Velocidades de aporte

La velocidad de aporte de los electrodos con núcleo fundente TeroMatec alcanza un notable índice de 4 kg/h con hilo de $\varnothing 1,6$ mm y prácticamente 10 kg/h con hilo de $\varnothing 2,8$ mm debido a los efectos de la densidad de corriente del arco periférico. Además, aumentando el “stick out” del electrodo (distancia entre la punta del tubo de contacto y la pieza) de 50 mm a 75 mm, el índice de aporte puede aumentarse aún más a 12 kg/h gracias a los efectos de calentamiento por resistencia eléctrica reduciendo la aportación de calor y la dilución en el metal base. (Eutetic Corporation USA, 2016)

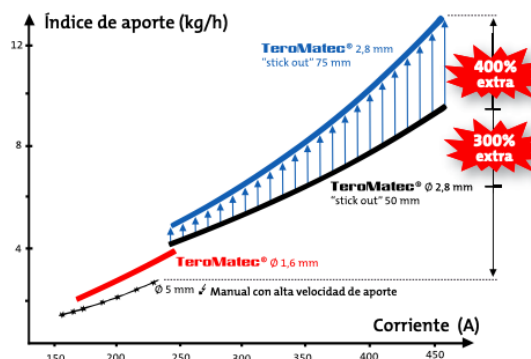


FIGURA 37. Índice de aporte vs corriente (EUTETIC CORPORATION USA, 2016)

6.6.7 ALIMENTADORA INFRA MI 3-475

Salida nominal, 60% ciclo de trabajo	Salida continua 100% ciclo de trabajo	Rango de corriente	Voltaje max. De circuito abierto	Corriente de entrada a salida nominal	Peso	Dimensiones
400 A a 36 V, Corriente Directa	310 A a 32 V, Corriente Directa	30 a 520 A, Corriente Directa	75 V, CD	220 V 440 V KW	195 kg	Alto: 838 mm Ancho: 571 mm Largo: 927 mm

TABLA 12. Datos técnicos de alimentadora.

Velocidades de aporte

Excelente estabilidad del arco al soldar, ajuste continuo de corriente, sistema de enfriamiento de ventilación forzada, selector de voltajes de alimentación, manubrio y rodajas instalados en la maquina, control mecánico de corriente.

Procesos

- Electrodo revestido (SMAW) de CD en diámetros desde 1.6 hasta 6.4 mm (1/16” a 1/4”) tipo suave para unir, duro para revestir o para corte (cut-weld) E6013, E6011, E7018, E7024

- Corte y escopleo con electrodo de carbón y chorro de aire (CAC-A) hasta un diámetro de 8 mm (5/16”).
- Soldadura tubular (FCAW) con alimentador opcional sensible al voltaje, diámetros desde 0.8 mm hasta 1.6 mm (0.030” a 1/16”).
- Soldadura TIG (GTAW) de CD y unidad opcional de alta frecuencia HFU 252.

Aplicaciones

- Reparaciones de máquinas de construcción Industria mecánica.
- Fabricación de recipientes de alta y mediana presión usados en la industria química, petrolera, ferroviaria, naval, farmacéutica, entre otras.
- Industria alimenticia: mantenimiento a ingenios azucareros.
- Mantenimiento a plantas de procesos industriales.
- Fabricación de contenedores de carga.
- En líneas de producción de trascavos y de equipo pesado.
- En limpieza, corte y rasurado de piezas de fundición gris con arcayeo. (Infra, 2016)



FIGURA 38. Infra alimentadora. (INFRA, 2016)

6.6.8 COMPACT THC3T02-UP/DOWN



FIGURA 39. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)

El compacto THC3T-02 con salida arriba / abajo usa voltaje de arco para mantener una distancia constante de la placa mientras la antorcha está cortando. Esto permite que el sistema mantenga la altura adecuada de la antorcha independientemente de las variaciones del material o de la planitud de la cama de corte.

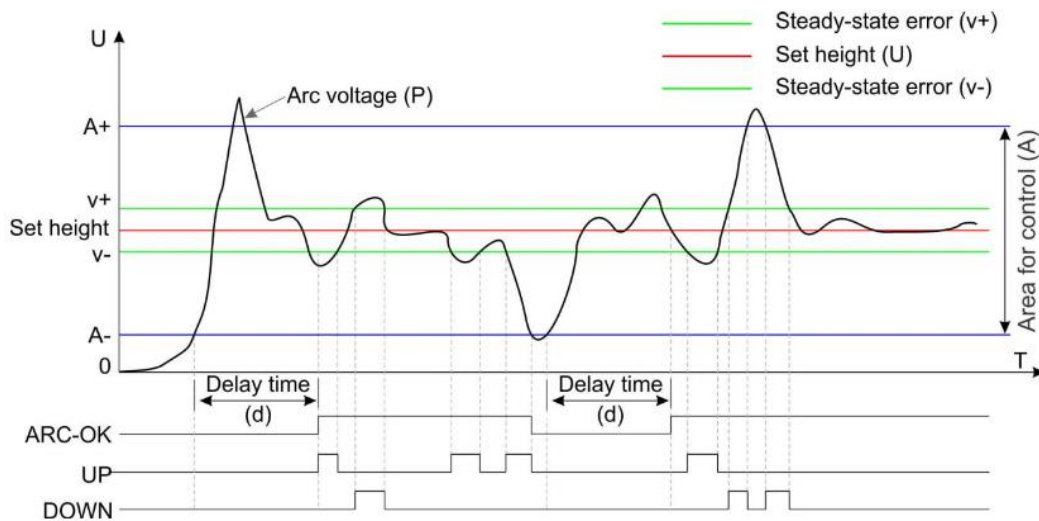


FIGURA 40. Principio de operación de thcet-02 up/down (ROBOT3T, 2020)

ARC-OK: la señal de salida se activa cuando el voltaje del arco (P) es superior al área de control (A-) y el tiempo de retardo (d) finaliza. Configure para una entrada de software.

ARRIBA: la señal de salida se activa cuando el voltaje del arco (P) es menor que el error de estado estable (v-) y mayor que el área de control (A-). Configure para una entrada de software.

ABAJO: la señal de salida se activa cuando el voltaje del arco (P) es mayor que el error de estado estable (v +) y menor que el área de control (A +). Configure para una entrada de software.

Ambas salidas ARRIBA / ABAJO se activan cuando se activa la señal ARC-OK. (Robot3T, 2020)

6.7 CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

La construcción de estos mecanismos fue basado en diferentes etapas posteriores a la selección del óptimo material del metal, nos enfocamos de manera primordial en el aditamento del eslabón del eje Z a la antorcha de soldadura, primero se corto el metal de las medidas del diseño del aditamento, se mecanizo el tubo solido que es la que agarra la antorcha de soldadura y se coloco un tornillo para apretar o aflojar la antorcha. Todo el mecanizado en el torno se hizo siguiendo protocolos de seguridad y funcionalidad de la maquina. Se utilizo el proceso de soldadura para unir las piezas del aditamento.

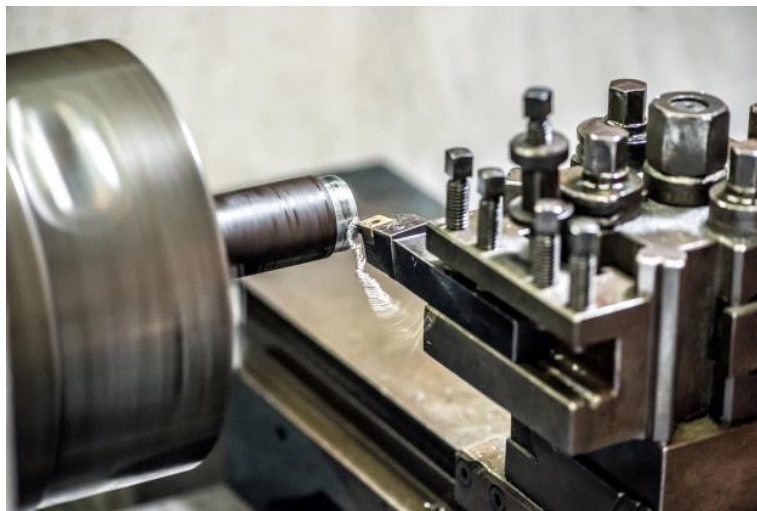


FIGURA 41. Torno para mecanizar la agarradera de la antorcha.



FIGURA 42. Aditamento.

La construcción de la entenalla como otra etapa de la construcción de mecanismos se baso en la obtención del metal el mismo que proviene de una planta de reciclaje de metal a nivel del austro, se procedió con corte del mecanismo mediante una torch, se limpio la superficie del metal con una entenalla de disco de pulido grueso, se grafico el lugar donde serian taladrados los agujeros para los sujetadores, se punzo, se taladro, se corto los sujetadores y se colocaron los tornillos.



FIGURA 43. Corte de placa base para entenalla.

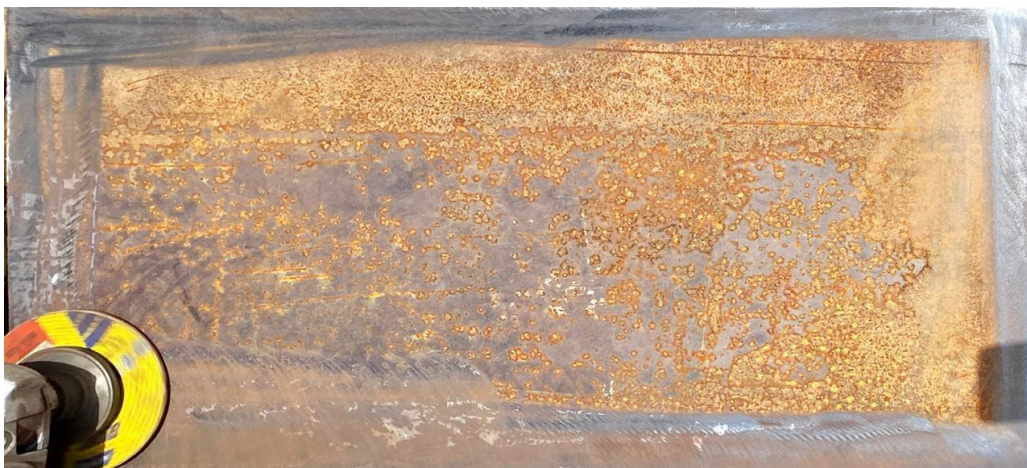


FIGURA 44. Limpieza de placa de entenalla.

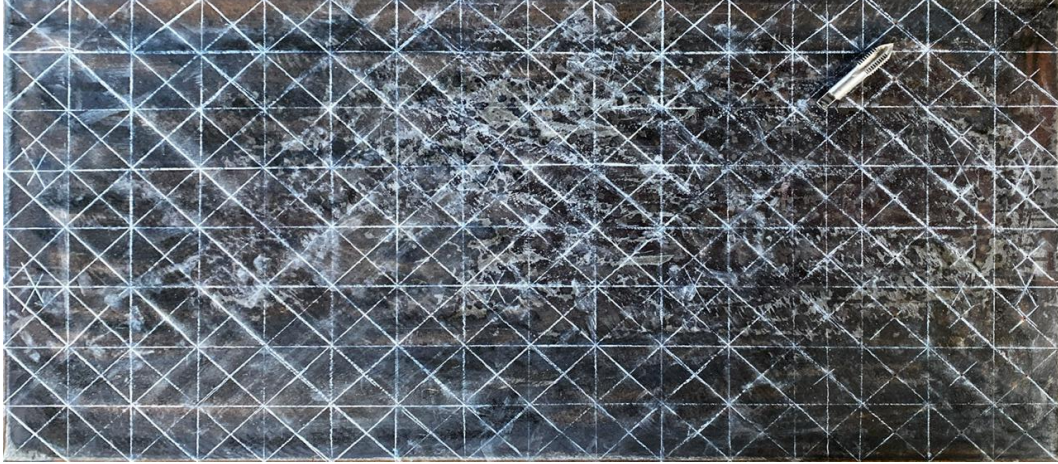


FIGURA 45 Trazo de dibujo sobre la placa para taladrar los agujeros de los tornillos de las garras.



FIGURA 46. Punzado de cada orificio.



FIGURA 47. Entenalla final con la placa montada.

6.8 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

Posterior a la construcción de la entenalla se implemento los mecanismos en la mesa, se coloco el acople en el eslabón del eje z mediante tornillos y se coloco la entenalla en la piscina de la mesa, como parte adicional se agrego agua a la piscina la misma que refrigera las placas de recubrimiento de la placa, siempre procurando que el agua no interfiera en el proceso de fundición debido a que genera cortes de continuidad de soldado.

De acuerdo con las condiciones de trabajo de la capa de superficie, principalmente el requisito de dureza y considerando el grosor de la placa base, la altura de la superficie y la eficiencia de la superficie. Después de muchas pruebas, los parámetros de proceso óptimos del alambre de soldadura de superficie de arco abierto para diferentes espesores de placa y diferentes espesores de capa de soldadura, como la soldadura de superficie de 2 mm en una placa de acero A23 de 4 mm, se determinan de la siguiente manera: El diámetro del alambre de soldadura es 2,8 mm, corriente de soldadura 300 A, voltaje de soldadura 30 V, velocidad de soldadura 120 mm / min, giro de la pistola de soldadura 40 mm, diámetro del alambre de soldadura 3,2 mm, corriente de soldadura 320 A, voltaje de soldadura 32 V, velocidad de soldadura 12 mm / min, giro de la pistola de soldadura 40 mm. Debido a la diferencia entre la máquina de soldar (o el diámetro del alambre de soldar), el material base y el espesor de la capa de soldadura acumulada, los mejores parámetros y especificaciones de soldadura también tendrán una gran diferencia.

6.9 IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

Primero procedimos a hacer un levantamiento de información para saber todas las conexiones que tenia el robot Cartesiano montado en la empresa Talleres Cuesta con el objetivo de conocer los voltajes utilizados y los puertos disponibles para poder determinar un controlador de altura compatible con dicha placa y proceso.

La Tarjeta de interfaz modelo C10R10 se comunica de manera bidireccional con la computadora mediante un puerto paralelo, es una tarjeta que acondiciona las señales para usar en aplicaciones de CNC es compatible con el estándar IEEE 1284.

Especificaciones de la entradas Digitales:

DIGITAL INPUT SPECIFICATIONS	
On-state voltage range	2 to 5V DC
Maximum off-state voltaje	0.8V
Maximum operation frequency	4 MHz
Typical signal delay	10nS

TABLA 13. Especificación de entradas digitales de placa.

Al revisar dichas especificaciones realizamos un estudio del arte mencionado anteriormente para encontrar el controlador que mas se ajuste al proceso de soldadura y que sea compatible con las especificaciones digitales de las entradas de la placa.

En donde el Controlador THC3T-02 es el que cumple con los requerimientos, dicho controlador tiene tres salidas: THC UP/ THC DOWN / ARC OK, las cuales mediante unos octoacopladores tipo (fototransistores) son los encargados de activan las salidas dependiendo el voltaje medido por el THC, dicho voltaje se traduce a altura por lo tanto es así como controla el THC.

6.9.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLACA MADRE C10R10:

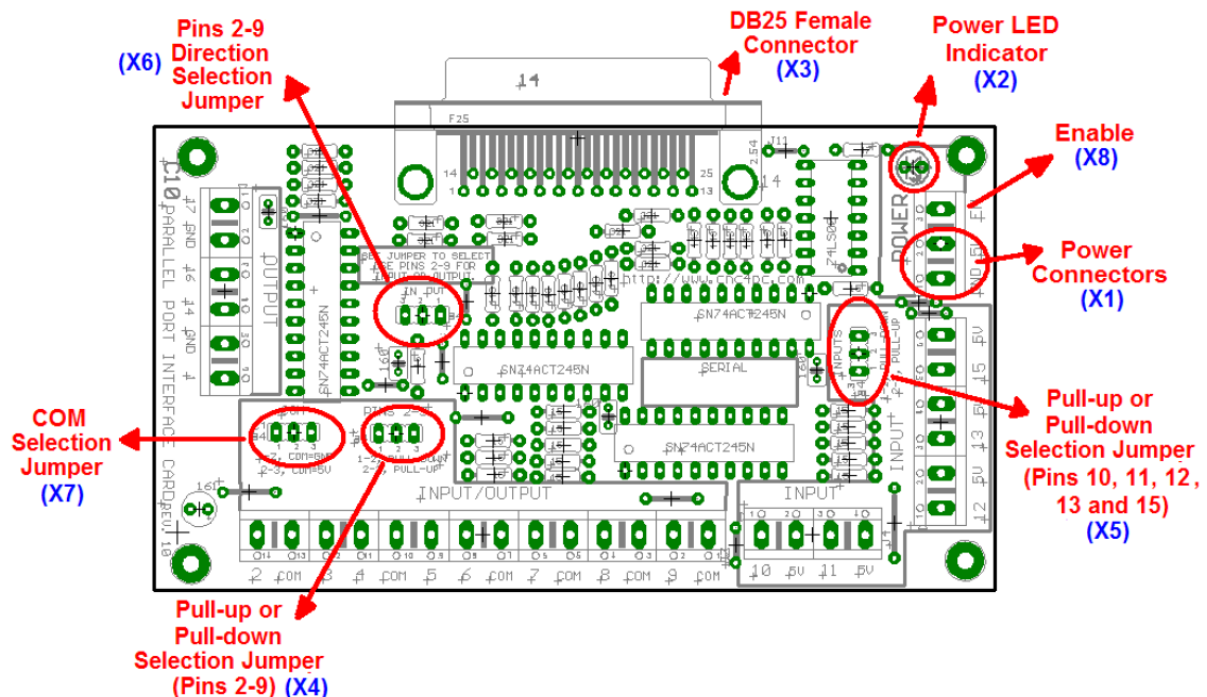


FIGURA 48. C10- Parallel Port Interface Card. (ROBOT3T, 2020)

*Power: Tiene un pin llamado EN “Enable” el cual es el encargado de activar o desactivar las salidas “outputs” ; el cual se activa ingresandole 5v. Tiene dos pines mas 5V y GND los cuales sirven de alimentación y van conectados a una fuente de poder , la corriente consumida es de 400mAh

*Output: Pines 1/14/16/17

*Input/ Output: Pines 2/3/4/5/6/7/8/9

Estos pines estan conectados a los drivers de los motores

*Input: Pines 10/11/12/13/15

Estos pines son los que usamos para conectar el controlador THC, y para conectar el boton de emergencia.

6.9.2 CONFIGURACIÓN DE LA PLACA MADRE C10R10:

*El COM de los pines [2-9] esta configurado como 5V y es debido a que están conectados interruptores de fin de línea y Drivers ; 0V sería para conectar Encoders e interruptores de proximidad. (Jumper x7)

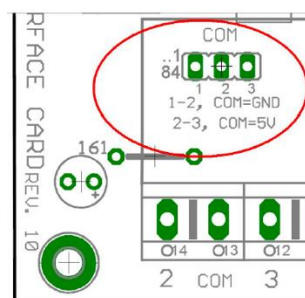


FIGURA 49. com de pines 2 - 9.

*Los pines [2-9] están configurados como Outputs, para poder controlar los drivers de los motores nema 24 .(Jumper x6)

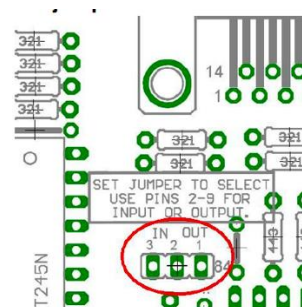


FIGURA 50. IN/OUT JUMPER

*Los pines [2-9] están configurados como Pull UP (5v) para poder conectar los drivers de los motores nema 24. (Jumper x4)

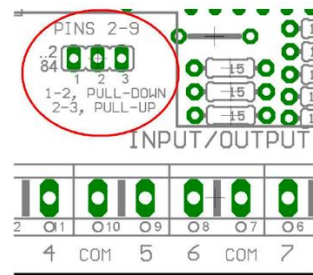


FIGURA 51. PULL-DOWN/PULL-UP JUMPER

Los pines de entrada [10-11-12-13-15], en un inicio estaban configurados como Pull Down resistencia (4.7 oms) en donde estaba conectado el botón de emergencia (NC) al pin num 11 y a la bornera de 5v que esta a su lado. Pero para poder conectar nuestro THC teníamos que cambiar a Pull Up debido a que el THC únicamente trabaja con octoacopladores y al momento de la saturación del transistor debíamos tener un voltaje en la entrada para poder cambiar de estado alto a estado bajo y que el mach 3 pueda recibir dicha señal para realizar el control; en el botón de emergencia el cable que conectaba a las bornera de 5v se cambio hacia un GND ya que ahora la entrada sacaba 5v y dejábamos como estaba la placa entraba en corto por dos positivos (5v del pin 11 pull up) y (5v de la bonera del lado).

Los pines ocupados por el THC son tres: (10 > The_Down) (12 > The_Up) (13 > Arc_Ok); y el pin (11 > Boton_Emergencia).

La siguiente tabla resume las configuraciones iniciales que tiene la placa sin el THC y las configuraciones finales que fueron modificadas para la implementación de nuestro controlador de altura THC.

JUMPERS	Config Inicial sin THC	Config Final con THC
X7 [2-9] (COM) [GND-5V]	5V	5V
X6 [2-9] [INPUT-OUTPUT]	OUTPUT	OUTPUT
X4 [2-9][PULL DOWN-PULL UP]	PULL UP	PULL UP
X5 [10-15] [PULL DOWN-PULL UP]	PULL DOWN	PULL UP

TABLA 14. Resumen de la configuración inicial y final de los jumpers de la placa C10R10.

6.9.3 CABLEADO DEL CONTROLADOR DE ALTURA THC3T-02:

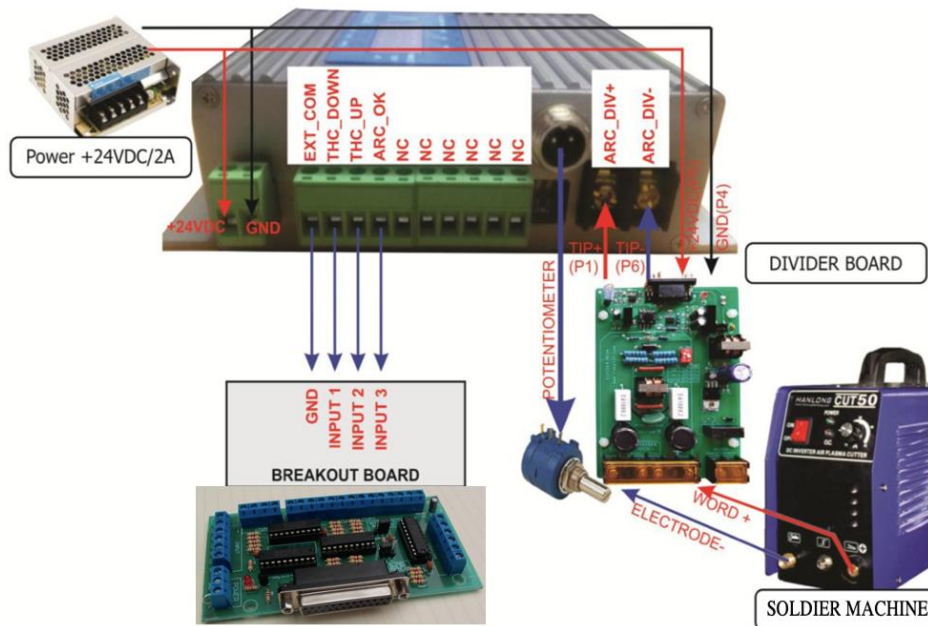


FIGURA 52. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)

1. Apagar todo el sistema de la placa madre de la mesa CNC y la alimentadora de la soldadura.
2. Fijar y empotrar los componentes del THC: Fuente 24VDC, THC mainboard, Potenciómetro, Placa divisora de voltaje.
3. Cable de Fase y neutro 110v a la fuente de 24VDC y cableado desde la fuente de alimentación de 24 VDC al THC main, se coloca un interruptor (on/off) en la línea de 24v para poder encender y apagar el THC main.



FIGURA 53. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)

- Después de encender el controlador, se enciende el LED piloto de color rojo, en el display del THC se muestra el mensaje “cthc”, aparece un valor de voltaje intermitente durante 2 segundos y luego el LED amarillo parpadea, luego de esto lo apagamos.



FIGURA 54. THC en modo cthc.

- Conectar el controlador THC main a la placa madre de la mesa cnc C10R10, mediante 4 cables como indica en la imagen de abajo.

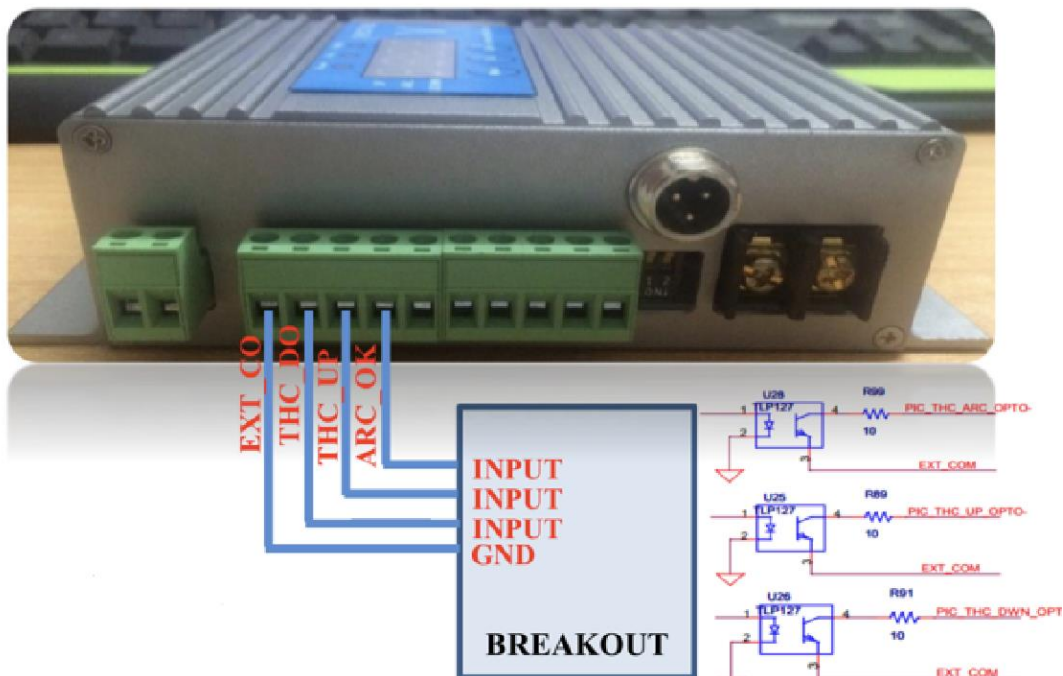


FIGURA 55. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)

- Conectamos el controlador THC main y la fuente de 24VDC con la Placa divisora de voltaje como indica la imagen de abajo, el cable que entra en la placa divisora es un cable serial Db9, en donde en el otro extremo del cable solo usaremos 4 pines (P1>Arc_Div+) (P6> Arc_Div-) y (P4>Gnd) (P5>24VDC).

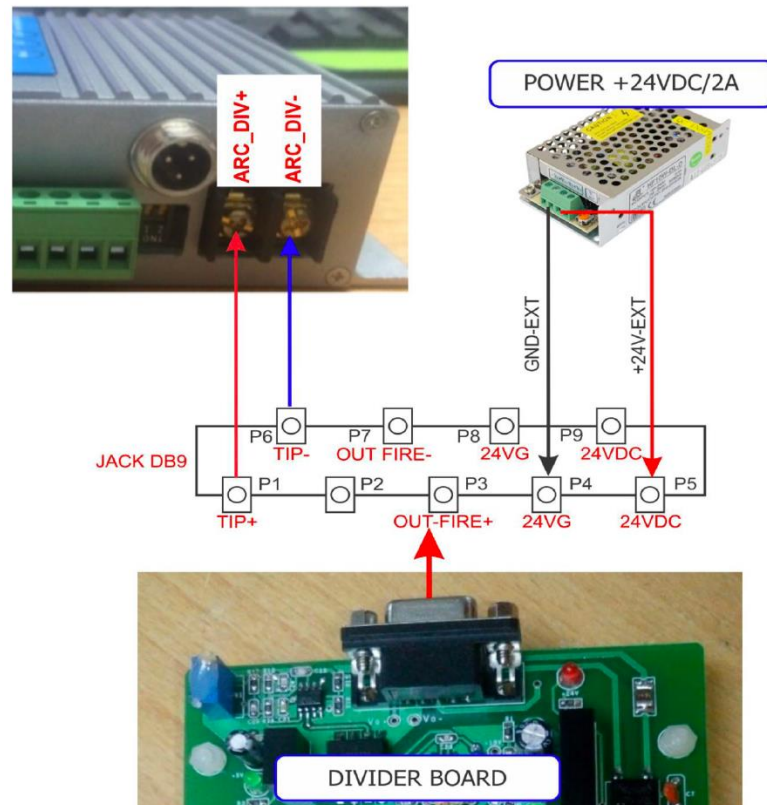


FIGURA 56. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)

- Conectar la Placa divisora de voltaje con la maquina soldadora, el voltaje máximo que puede recibir la placa divisora es de 0VDC a 660VDC, al momento de soldar el voltaje de trabajo oscila entre 20 voltios y 40 voltios por lo tanto estamos dentro del limite del voltaje.

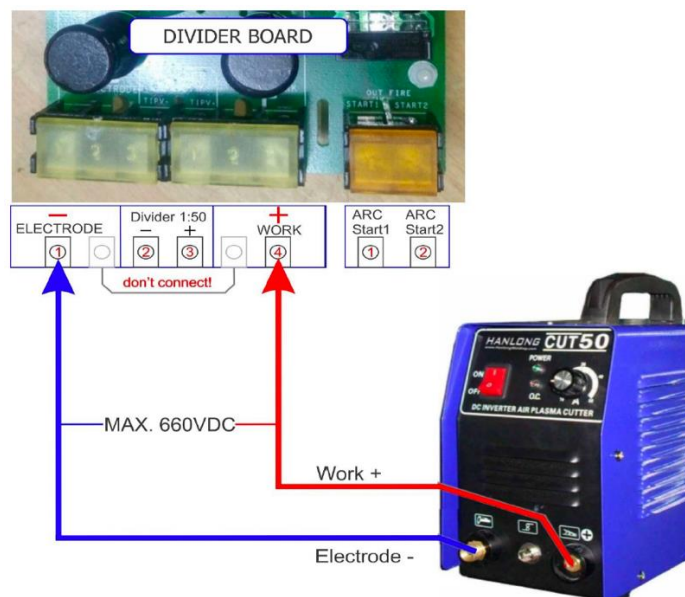


FIGURA 57. TCH3T02-UP/DOWN (ROBOT3T, 2020)

6.9.4 CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL CONTROLADOR DE ALTURA THC3T-02







No	Mode	Value	Description
1	U 	Set-height U10 to U300	To set height from torch to material in auto mode by the potentiometer. factory setting: U=150
2	A 	Area for control A001 to A075	Device will change to auto mode when the arc voltage from: [Voltage Set - Area for control] to [Voltage Set + Area for control] factory setting: A=75
3	S 	Sensitive S100 to S800	This parameter determines the value respond of Z axis motion. factory setting: S=50
4	P 	Arc-voltage P000 to P300	Display the arc voltage value from plasma cutter.
5	d 	Delay time d001 to d099	The delay time to send ARC_OK from 0.1 to 9.9s: THC will send ARC_OK signal after this delay, the main purpose is Z axis not move down at the first time of cutting. factory setting: d=10 (1s)
6	v 	steady-state error v001 to v015	The steady-state error a range in which the voltage is set errored, in which there are signals controlling UP/DOWN v =1-15V ($\pm 1V \rightarrow \pm 15V$), factory setting: v = 5V ($\pm 5V$)

TABLA 15. Parámetros de control, descripción en la sección 6.5 (ROBOT3T, 2020)

6.9.5 CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MACH 3 PARA EL CONTROLADOR DE ALTURA THC3T-02

- 1) En la ventana principal hacemos clic en Config.

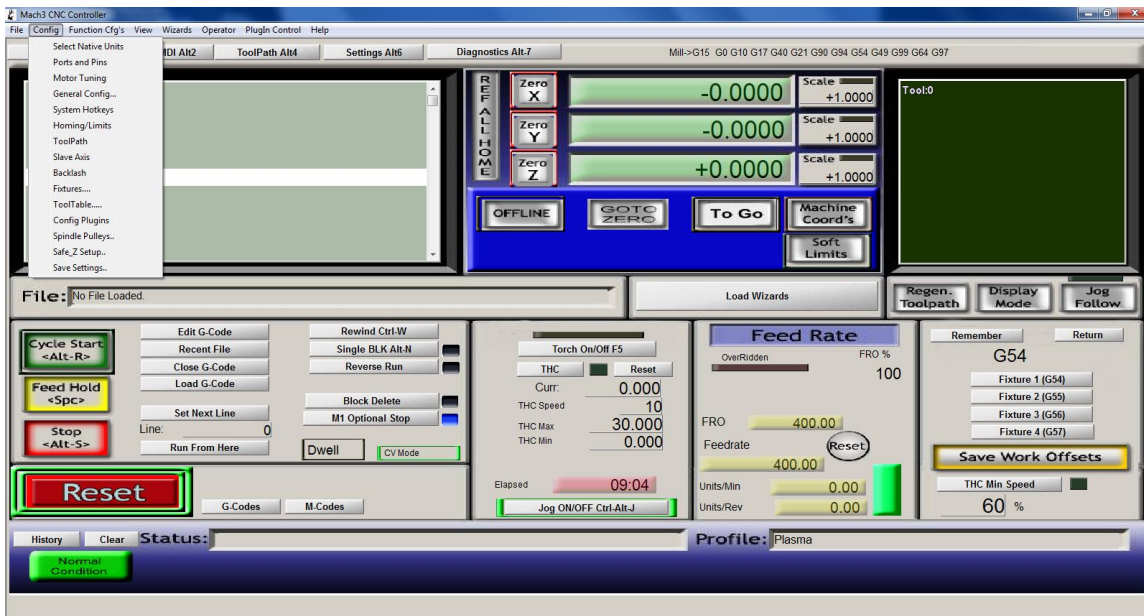


FIGURA 58. Puertos y pines configuración.

2) Luego hacemos clic en la pestaña de Ports and Pins.

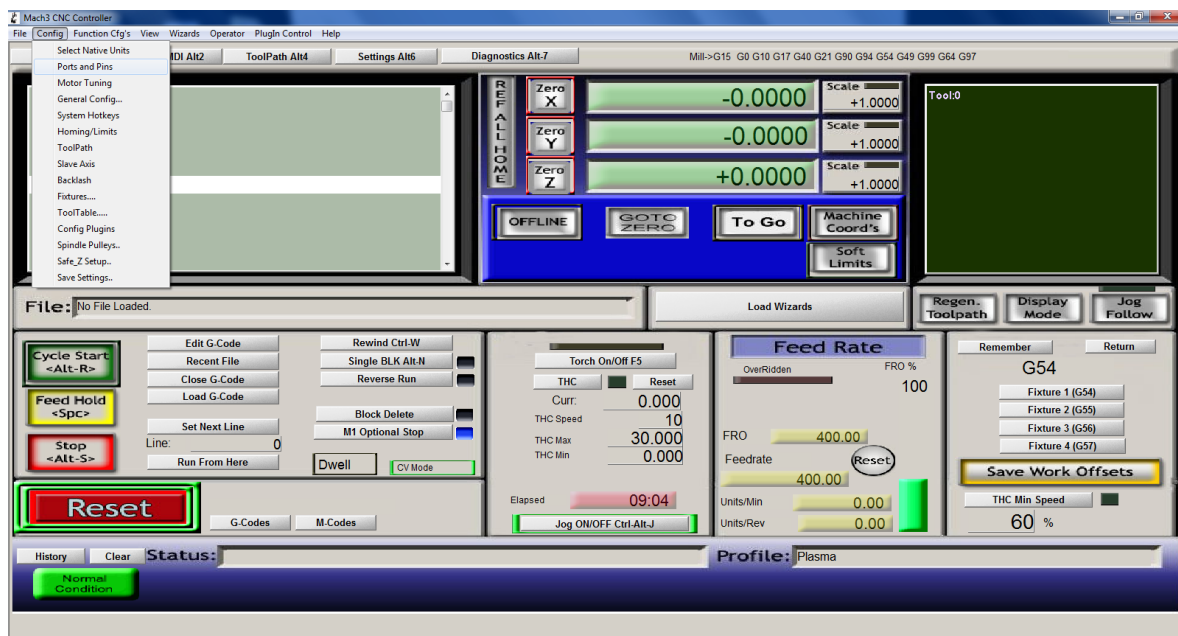


FIGURA 59. Puertos y pines configuración 2.

3) En la Ventana de Ports and Pins damos clic en la pestaña “Input Signals”, aquí procedemos a configurar las señales de entrada de la placa C10R10, con los siguientes pines elegidos: 13 (THC ON), 15 (THC Up), 10(THC DOWN) , Nota: las entradas en nuestro caso trabajaran en estado bajo por lo tanto activamos las casillas de “Active Low”, para cuando el Foto diodo sature al transistor pasemos de estado alto (5v) a estado bajo (0v) y asi mach 3 pueda reconocer las señales.

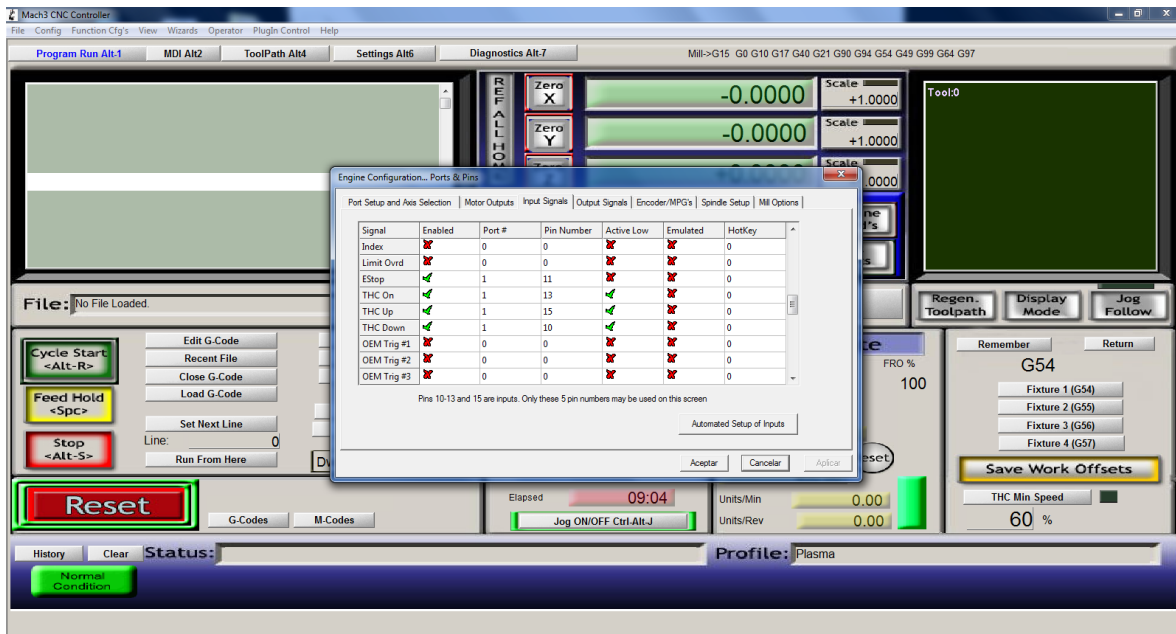


FIGURA 60. Configuración de puertos en el programa.

- 4) En la Ventana de Ports and Pins damos clic en la pestaña “Port Setup and Axis Selection” y desactivamos la casilla “Max CL Mode enabled”.

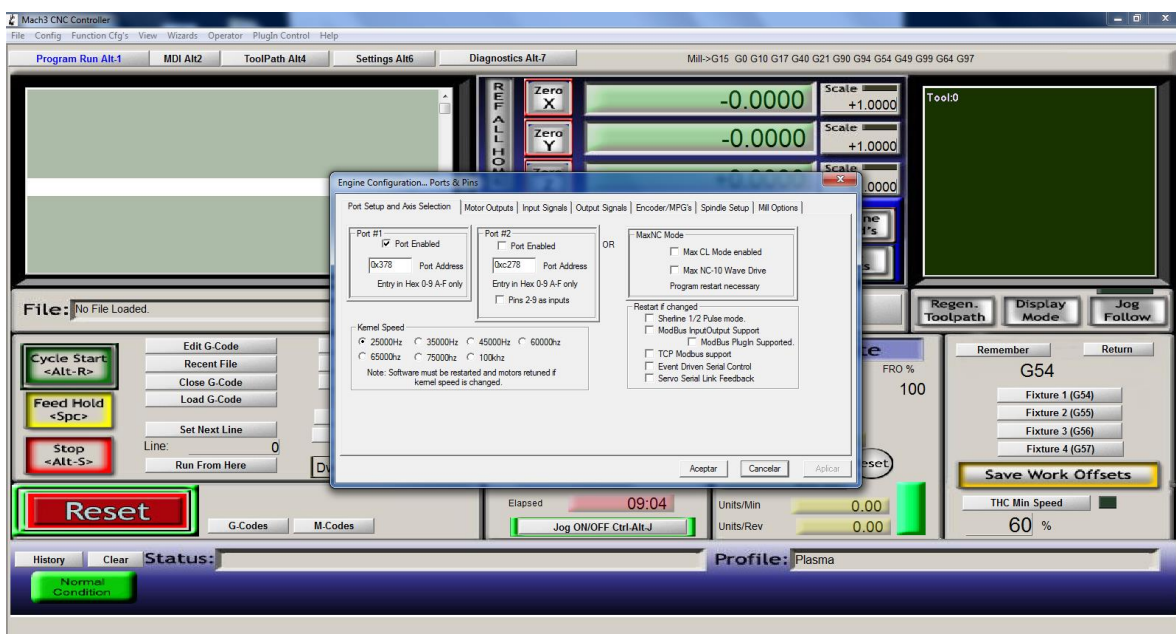


FIGURA 61. Configuración de puertos en el programa.

- 5) En la Ventana de Ports and Pins damos clic en la pestaña “Mill Options” y activamos la casilla “Allow THC UP/DOWN Control even if not in THC Mode”; esta opción nos sirve para que el THC empiece a trabajar desde el momento en el que mandamos a correr el programa “Cycle Start”.

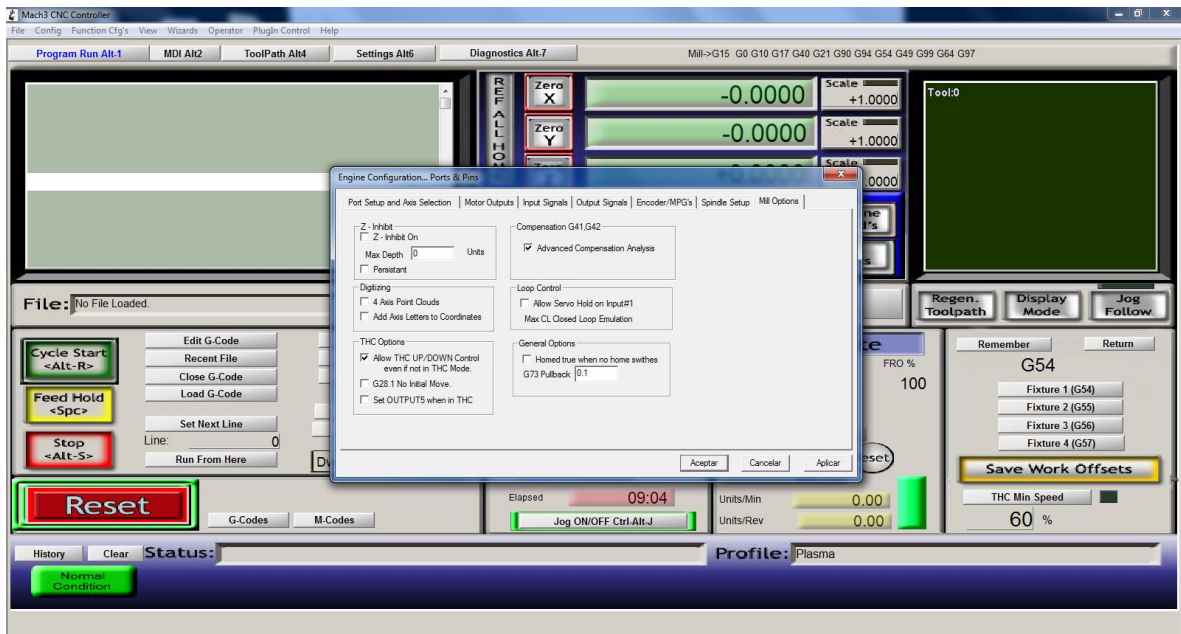


FIGURA 62. ALLOW THC UP/DOWN

- 6) Otra configuración es: En la Ventana de Ports and Pins damos clic en la pestaña “Mill Options” y desactivamos la casilla “Allow THC UP/DOWN Control even if not in THC Mode”; esta opción nos sirve para poder activar manualmente el THC desde la ventana “Program Run Alt-1” en el botón THC.

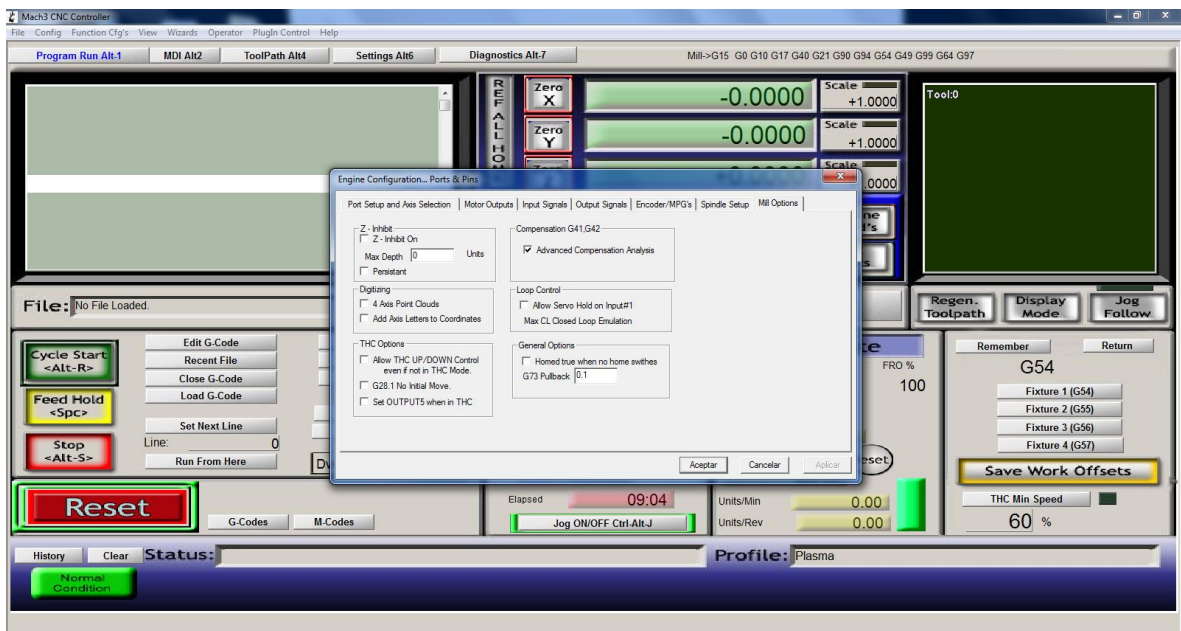


FIGURA 63. Desactivación de la pestaña allow thc.

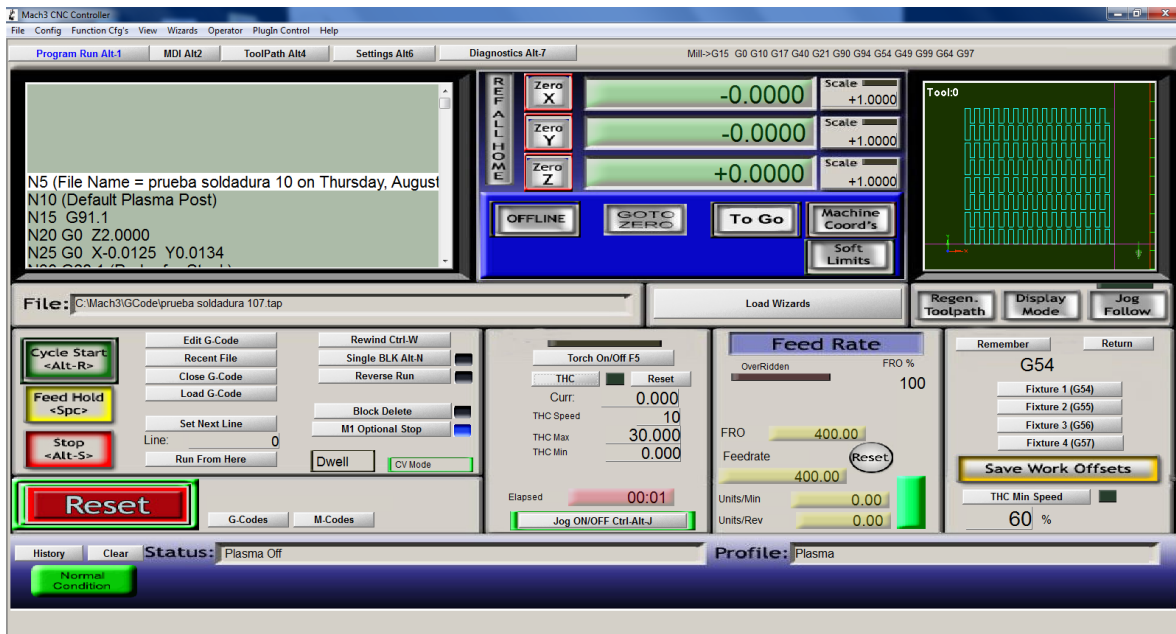


FIGURA 64. Pantalla con programa cargado.

- 7) Luego de configurar el THC hacemos una comprobación con el teclado, presionamos Alt+7 y se nos abrirá una ventana llamada Diagnostics en donde comprobaremos cuando el THC este en uso se encenderá el cuadro de (THC UP “Si el voltaje detectado es menor que el setpoint” – THC DOWN “Si el voltaje detectado es mayor que el setpoint” – THC ON “Esta siempre activa cuando hay voltaje de arco”) con luz amarilla, de esta manera sabremos que la entrada esta trabajando.

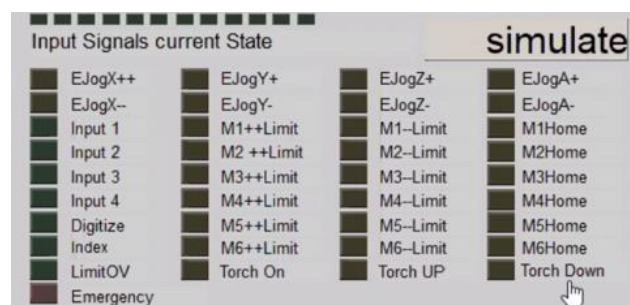


FIGURA 65. Señales de entrada de estado actual

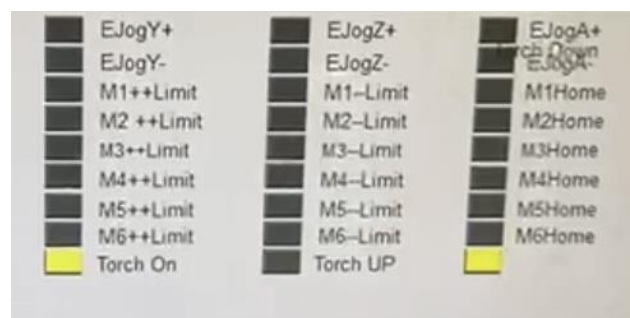


FIGURA 66. Señales de entrada de estado actual THC On y THC Down trabajando

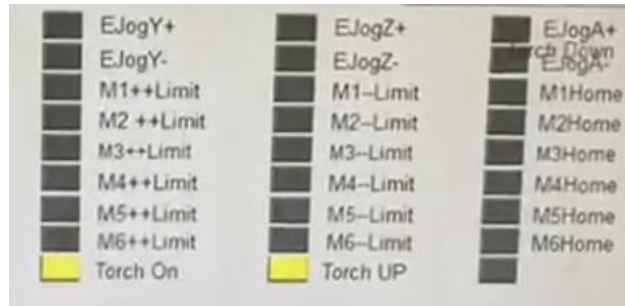


FIGURA 67. Señales de entrada de estado actual THC On y THC Up trabajando

6.9.6 PARÁMETROS DE LAZYCAM PARA LA GENERACIÓN DE CÓDIGO G.

LazyCam ofrece una interfaz amigable que permite el control de varios parámetros como la velocidad de los motores a pasos, el inicio de la soldadura, y operación de la máquina con la facilidad de convertir un plan en Código G (coordenadas) para que la máquina procese, donde es necesario dibujar la caligrafía y dar la ubicación del punto zero para la iniciación de la suelda.

- 1) Damos clic en “Open DXF”

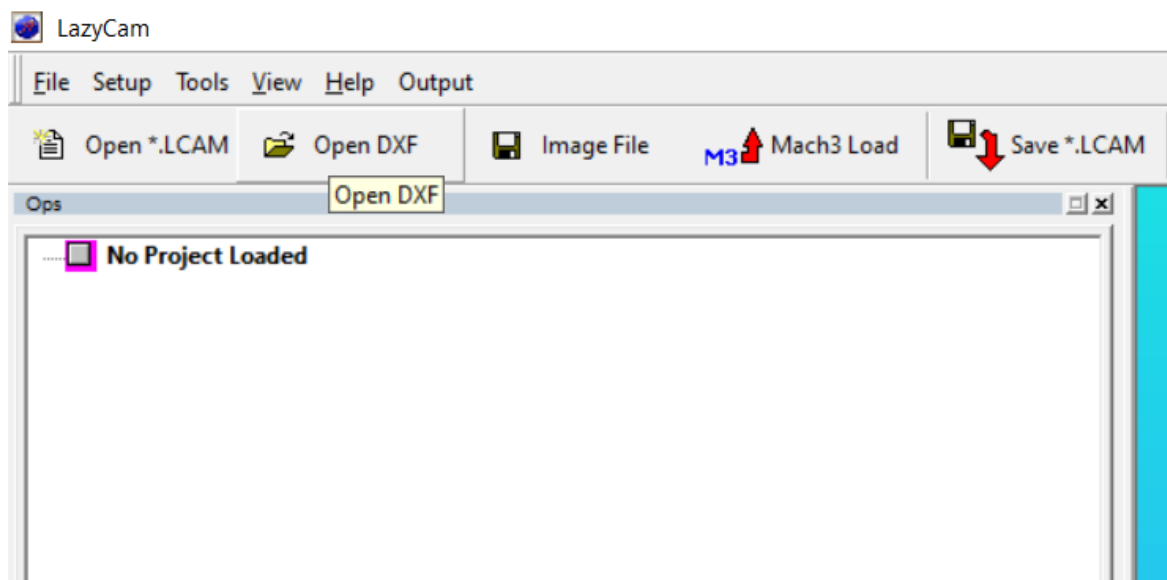


FIGURA 68. Opción de abrir documento dxf

- 2) Escogemos el archivo que deseamos generar el Código G, y lo abrimos.

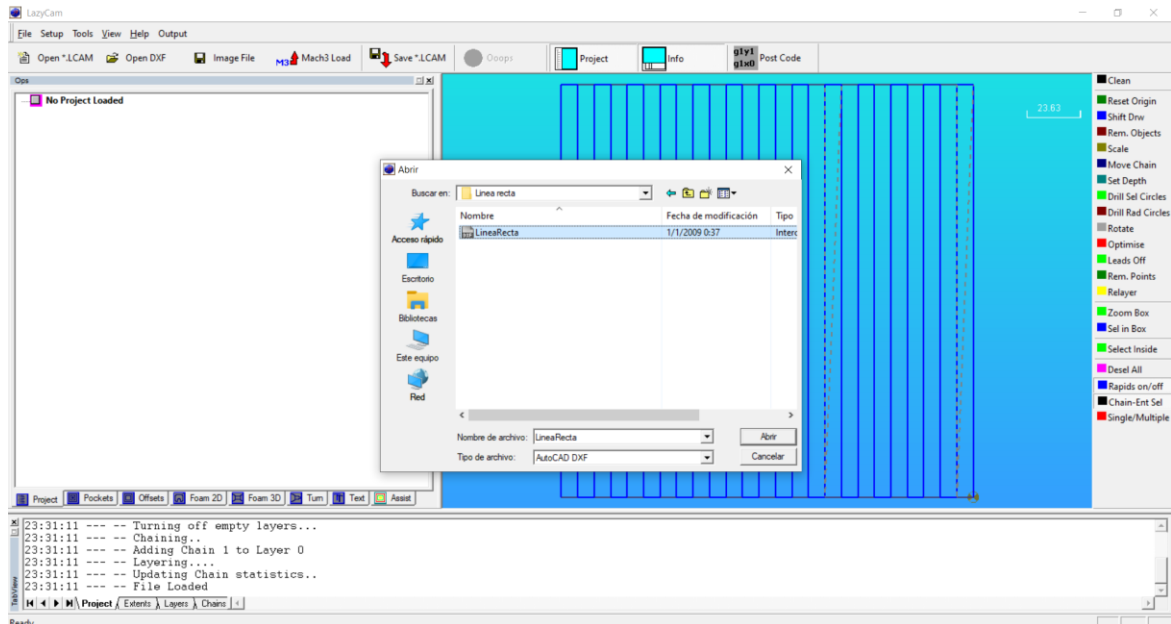


FIGURA 69. Selección de archivo

3) En la ventana de “Import Session Type” damos clic en Plasma

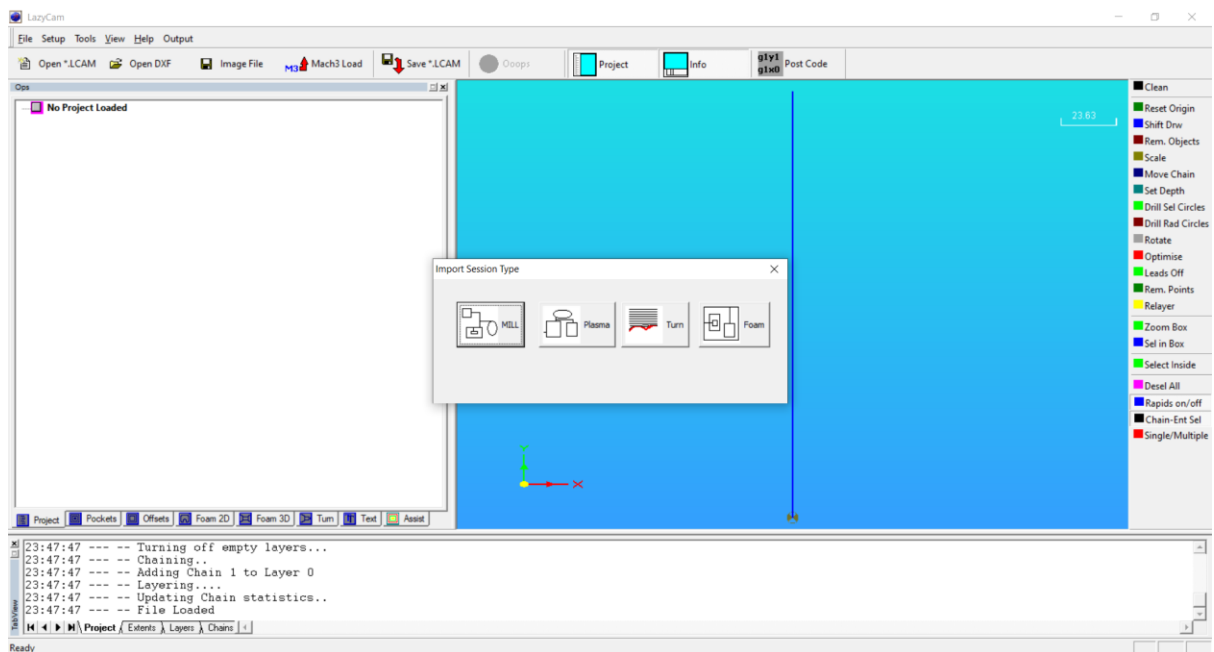


FIGURA 70. Tipo de sesión de importación

4) Damos clic en la pestaña de “Layers” y ingresamos los parámetros de (Rapid Height 2mm, este parámetro hace que el eje Z suba cuando corremos el programa en Mach 3), (Plunge feed 3000 units/min, este parámetro corresponde a la velocidad de inicio), (FeedRate 250 units/units, este parámetro corresponde a la velocidad de los motores de la mesa CNC)

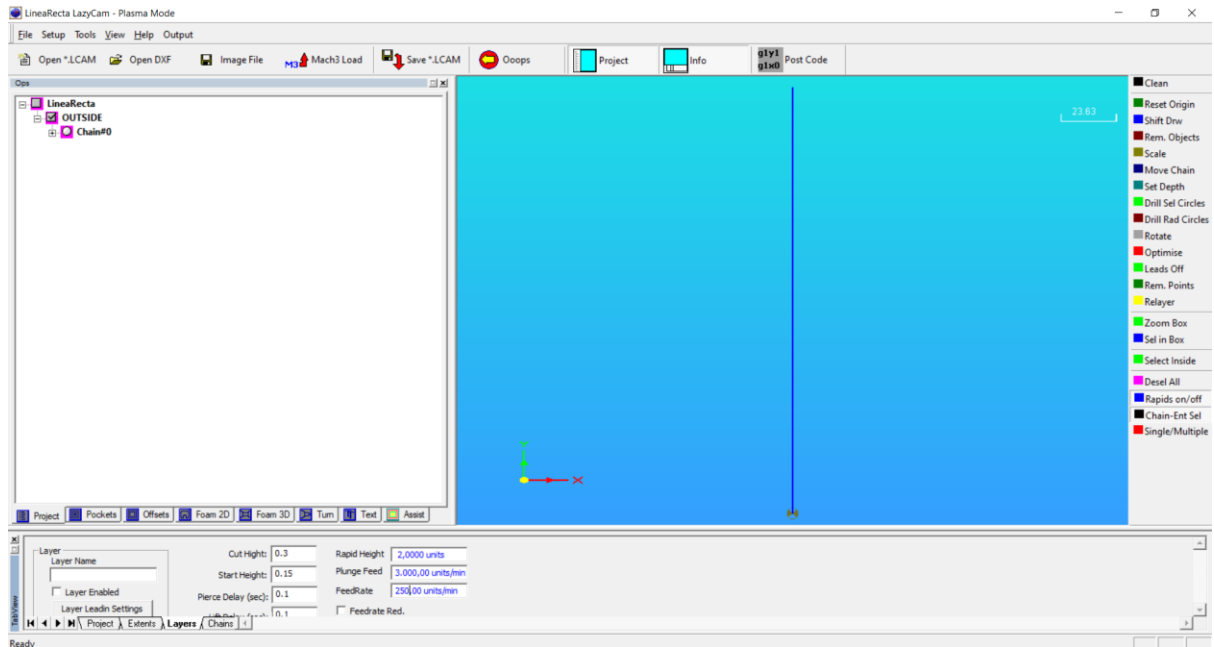


FIGURA 71. Configuración de parámetros.

- 5) Clic en “Post Code”, con este comando generamos el código G para luego ser usado por Mach 3.

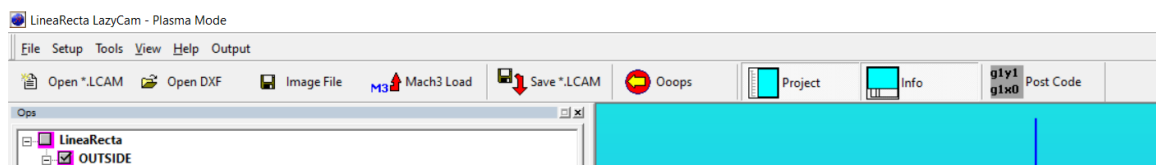


FIGURA 72. Post code

7 RESULTADOS

7.1 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

Para el aditamento en la antorcha de soldadura al eslabón piloto del eje z de la mesa CNC, es fundamental la correcta selección del tipo de acero en este caso debido a la gama de propiedades del acero SAE 1018 conocido como eje de transmisión, en la parte cilíndrica de la figura, además el acero que conforma el aditamento y la entenalla de sujeción es obtenido de planchas de acero ASTM A36 este tipo de planchas en su manufactura son sometidas a calor para aumentar la dureza, se opto por este acero debido a que es bastante comercial en el mercado de acero ecuatoriano.

7.2 RESULTADOS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

Se diseñó el aditamento para poder sujetar la antorcha de la soldadora, el mismo que debía cumplir con las medidas del piloto de la mesa CNC para poder encajarlos y que el montaje y desmontaje de dicho aditamento se realice de una manera rápida, segura y óptima.

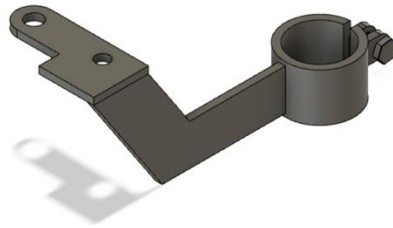


FIGURA 73. Diseño de aditamento

Se diseñó la entenalla con una garras para poder sujetar la placa a soldar, debido a que la placa momento de la suelda se calienta y tiende a pandearse, entonces el objetivo de la entenalla es frenar dicho pandeo y que la placa conserve su forma, así mismo que el montaje y desmontaje de la placa se realice de una manera rápida, segura y óptima

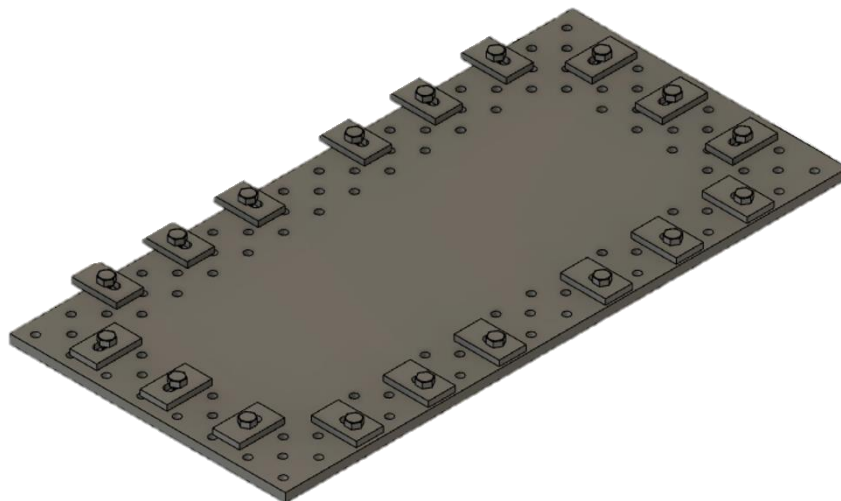


FIGURA 74. Diseño de entenalla.

-Construcción

La estructura mecánica del aditamento soporta muy bien la herramienta (antorcha), sin sufrir alguna deformación o daño; añadiendo que el deslizamiento de extremo a extremo al momento de soldar podría afectar a la manguera de la antorcha por las altas temperaturas que se generan, para la construcción del aditamento y de la entenalla nos basamos en los parámetros de la sección 6.4.



FIGURA 75. Entenalla final con la placa montada.



FIGURA 76. Aditamento.

7.3 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN EL SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

El funcionamiento del control fue exitoso , con lo cual pudimos empatar el controlador a la placa madre del CNC modelo: C10R10 ya existente, en la sección 6.9 están todos los parámetros que usamos para concluir con éxito dicha implementación.



FIGURA 77. Aditamento.

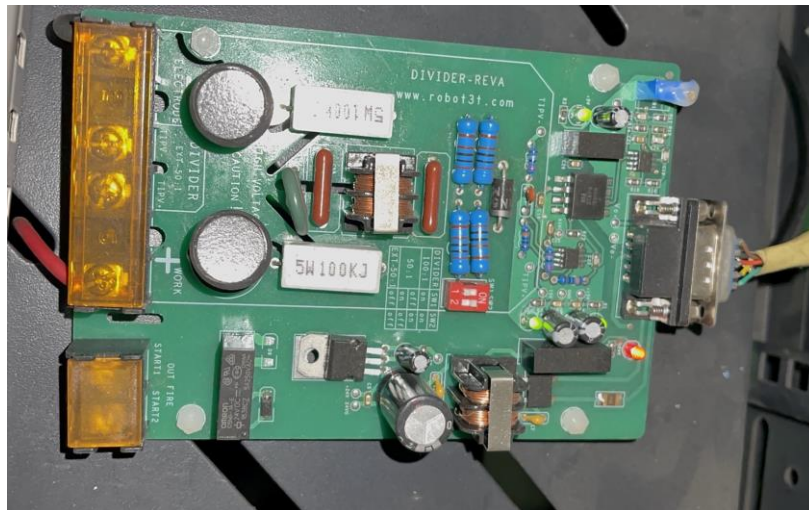


FIGURA 78. Aditamento.

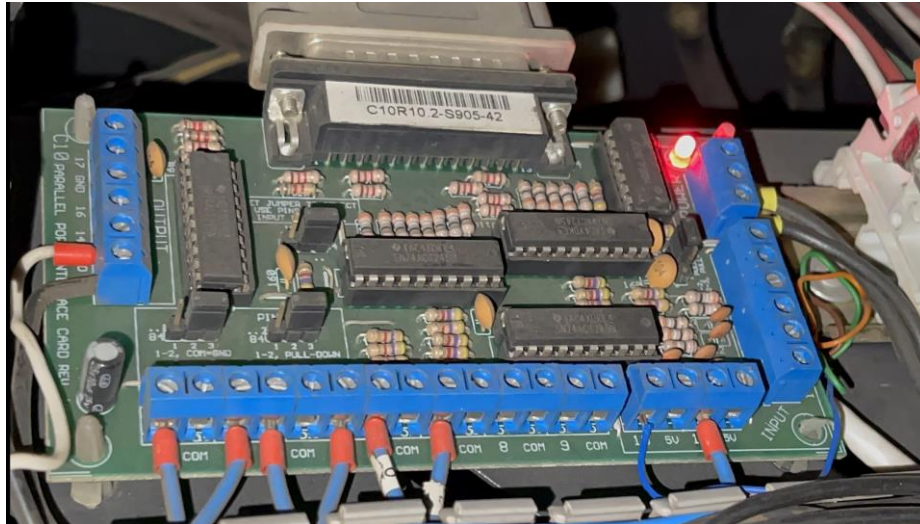


FIGURA 79. Aditamento.

7.4 RESULTADOS DEL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA EN PLACAS METÁLICAS.

Luego de los análisis de dureza realizados en el laboratorio, la placa base presenta una dureza de 50 HRC, al realizar la suelda con el alambre Eutetic Castolin sobre la placa base la dureza se eleva a 60 HRC y con el alambre Vautid la dureza se eleva a 57 HRC, por lo tanto aumenta la resistencia al desgaste cumpliendo con dureza de las placas antidesgaste en el mercado.

En las siguientes imágenes podemos apreciar la diferencia de superficie entre la placa base y la placa con tratamiento de suelda dura, muestras tomadas desde distintos ángulos.

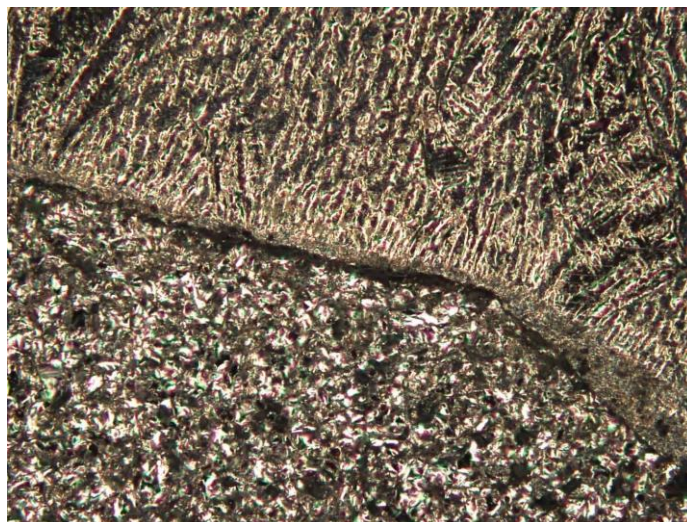


FIGURA 80. La parte inferior de la imagen podemos apreciar la placa base y la parte superior la placa anti-desgaste con alambre Vautid con calidad de soldado del 97%.

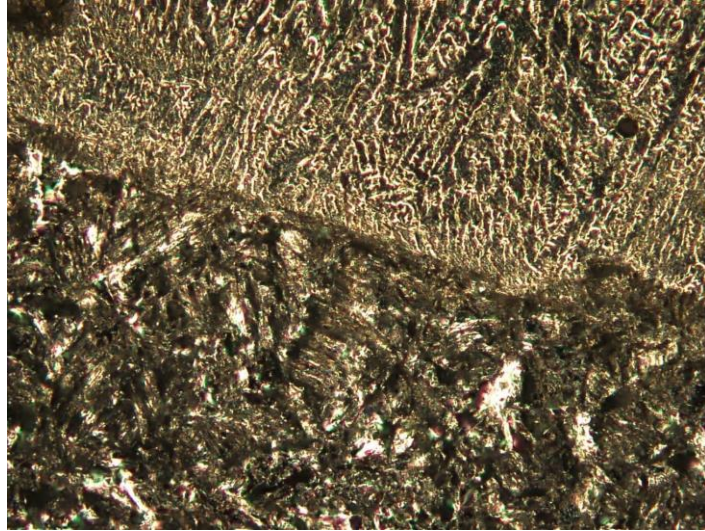


FIGURA 81. La parte inferior de la imagen podemos apreciar la placa base y la parte superior la placa anti-desgaste con alambre Vautid con calidad de soldado del 97%.

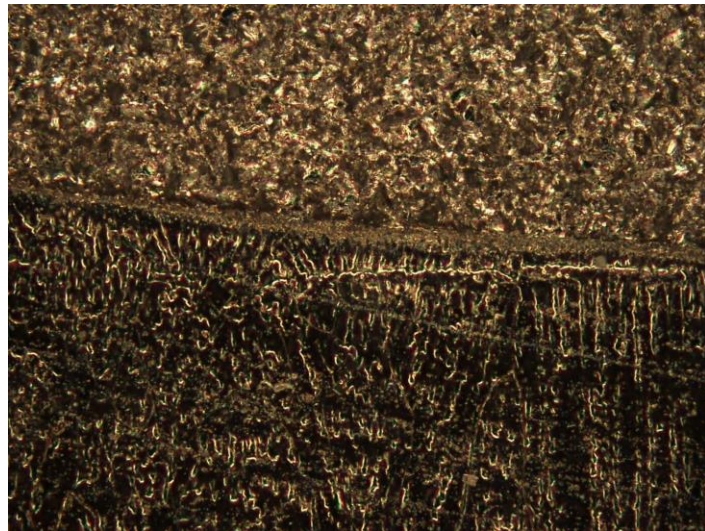


FIGURA 82. La parte inferior de la imagen podemos apreciar la placa base y la parte superior la placa anti-desgaste con alambre Eutetic Castolin con calidad de soldado del 90%.

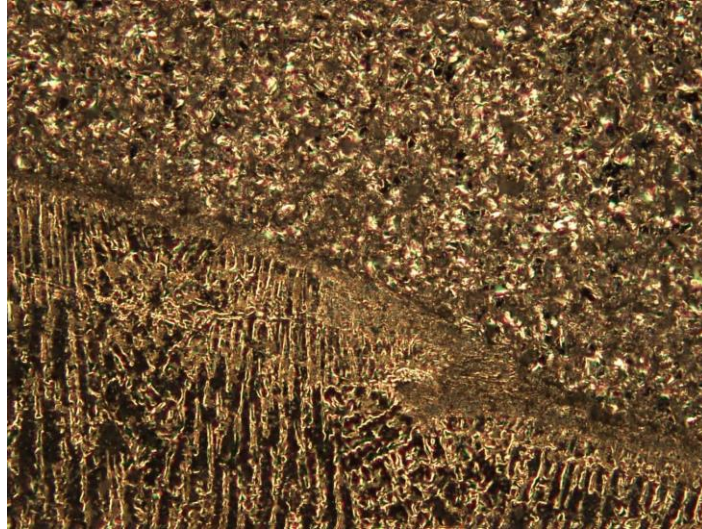


FIGURA 83. La parte inferior de la imagen podemos apreciar la placa base y la parte superior la placa anti-desgaste con alambre Eutetic Castolin con calidad de soldado del 90%.

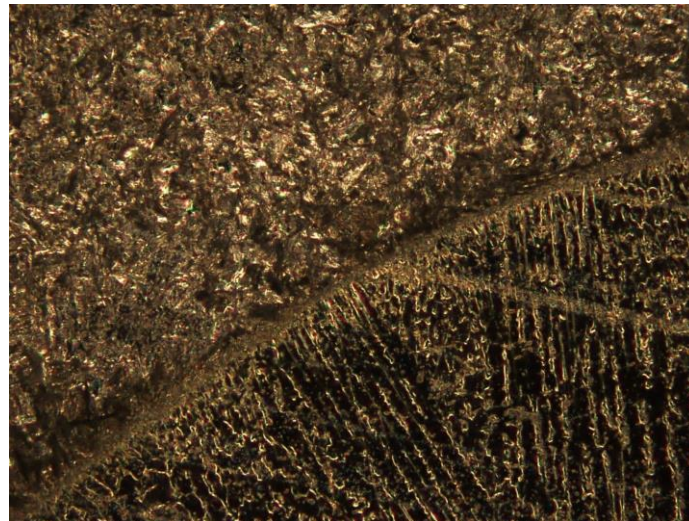


FIGURA 84. La parte inferior de la imagen podemos apreciar la placa base y la parte superior la placa anti-desgaste con alambre Eutetic Castolin con calidad de soldado del 90%.

Los resultados muestran que en condiciones de dureza las placas bimetálicas son ideales para condiciones de extrema abrasión. La evidencia experimental respalda la utilización de las placas bimetálicas en herramientas y equipos de minería.

De los resultados anteriores, se puede ver que la dureza de la superficie de la placa resistente al desgaste varía ligeramente con el espesor del sustrato, el análisis se debe principalmente al error de detección, pero la dureza aumenta significativamente con el aumento del espesor de la capa de revestimiento duro, cuando el grosor de la capa de revestimiento duro es de más de 4 mm, sin importar el grosor del sustrato, su dureza superficial es más de 60HRC, que cumple con los requisitos de diseño de la placa resistente al desgaste y los requisitos de uso de desgaste placa resistente.

8 CONCLUSIONES

8.1 CONCLUSIÓN DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO Y CONTROL PARA EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

El óptimo levantamiento de información de la máquina y el tipo de proceso de soldado garantizan la correcta aplicación de parámetros que actúan sobre el sistema tales como altura de antorcha, tipo de alambre de soldadura, corriente, tipo de metal y una serie de factores que conllevan al correcto recubrimiento de dureza. Se comprobó que los elementos obtenidos del diseño mecánico satisfacen el objetivo de realizar el proceso. El estudio realizado abarca el análisis mecánico y electrónico para la realización de este proyecto.

8.2 CONCLUSIÓN DEL DISEÑAR Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

El sistema mecánico construido cumple con los requisitos, el acople mecánico soporta las cargas a las que esta sometida. Mediante las medidas y acotaciones se logra obtener datos mas precisos con las simulaciones y los mecanismos. Con el aditamento construido se logro que la máquina suelde de manera autónoma mediante la aplicación de un control de altura que responde eficazmente. Para la construcción de estos mecanismos se utilizo materiales económicos , que a su vez cumplen con la vida útil y eficiencia.

8.3 CONCLUSIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA UN PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA DURA EN PLACAS METÁLICAS.

Se logro cumplir con la implementación del sistema de control, por que cada componente que conforma el control cumple con la función de responder a deformaciones. El THC elegido es sencillo de manejar, amigable con el proceso de soldadura, no requiere ningún software adicional, únicamente el correcto ajuste de parámetros en el software y la placa madre del robot cartesiano. Con el sistema de control se garantiza que en el momento que se encuentren deformaciones en la superficie de la placa el sistema responda ante posibles colisiones.

8.4 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE REVESTIMIENTO CON SOLDADURA EN PLACAS METÁLICAS.

Este método logra prolongar la vida útil de los metales desgastados y además reducir costos de mantenimiento.

La placa de acero compuesta después de soldar la superficie tendrá una deformación más grave en general, cuanto más delgada sea la placa base, más grave será la deformación. Soldadura de superficie, con el fin de evitar la deformación de la placa base, generalmente en la placa base alrededor del uso de la entonalla de presión. Sin embargo, bajo la acción de la tensión térmica

de la soldadura, la placa madre puede producir un desplazamiento de contracción. Cuando la deformación es grave, el desplazamiento de contracción puede alcanzar el 5% ~ 8% de la longitud de la placa base. Cuando se suelta la placa de presión después de soldar, la placa de acero compuesto producirá una deformación por alabeo. Después de la investigación y el experimento, la placa de material compuesto resistente al desgaste.

9 RECOMENDACIONES

Se recomienda usar los factores de seguridad al momento de operar equipos industriales, tales como gafas de protección, overol, guantes, zapatos con punta de acero.

Se recomienda un estudio posterior de la placas anti-desgaste para saber el tiempo de duración ante condiciones abrasivas.

Es necesario tener conocimiento de como funciona el robot cartesiano, como funciona el software y como funciona cada uno de los mecanismos para evitar daños, además se debe conocer en donde esta cada fin carrera o sensores inductivos que detienen el avance de los motores cuando estos llegan a su limite de la riel. Es importante comprobar el funcionamiento del paro de emergencia en el robot cartesiano.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Feldrnan, L. H. (2010). *Assesment of the new diamond thecnology in japan*. Diane Publishing Co.

A36, A. (2005). Standard for carbon structural steel,. In A. S. materials, *Annual book of ASTM Standards*.

- Alejandro Orjuela G., R. R. (2015, Julio 30). Recubrimientos de carburos de metales de transición obtenidos por difusión termo-reactiva. *Tecnoesufa*.
- ASM International. (2016). *Practical heat treating second edition*. Retrieved from <https://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/ACF180B.pdf>
- Autodesk Inc. (2021). Retrieved from Autodesk: <https://www.autodesk.com/solutions/cad-design>
- Banner The Photoelectric Specialist. (2020). *Q45VR3 Series Sensor*. Retrieved from https://www.walkerindustrial.com/v/vspfiles/pdf/datasheet/Banner/Banner_Sensors_Fullsize_Q45_ACDC_Electromechanical_Relay_Output.pdf
- Buchanan V. (2008). A comparison of the abrasive wear behaviour of iron-chromium based hardfaced coatings deposited by SMAW and electric arc spraying. *Wear*, 542-549.
- Cad Cae Ingenieria Ltda. (2017). *CAD CAE*. Retrieved from <https://www.cad-cae.com/analysis04.html>
- Chiang K T. (1999). Hot gas erosion resistance of a vapor-deposited Cu-Cr coating. *Surf Coat Tech* 144.
- CNC 4 PC. (2020). *CNC*. Retrieved from Non-Contact Height Sensor for Plasma and Oxy Fuel Cutter: <https://www.cnc4pc.com/non-contact-height-sensor-for-plasma-and-oxy-fuel-cutter.html>
- Czichos H. (1978). In tribology: A system approach to the science and technology of friction. In *Lubrication and wear*. (pp. 105-112). New York: Elsevier.
- David A. Scott. (1999). *Metallography and Microstructure of ancient and historic metals*. Singapore: Irina Averkieff.
- Donald A. Asqueland. (1996). *The science of engineering of materials*. (Third, Ed.) U.K.: Springer Science Business Media B.V.
- E, R. (1965). In friction and wear of materials. New York: John Wiley & Sons.
- ESAB. (2014). *esabna*. Retrieved from <https://www.esabna.com/us/en/education/blog/what-is-arc-voltage-height-control.cfm>
- Eutetic Corporation USA. (2016). *Castolin*. Retrieved from Castolin Eutetic: <https://www.castolin.com/sites/default/files/products/docs/TeroMatec-welding-cored-wire.pdf>
- FlashCutCNC. (n.d.). *THCOhmic*. Retrieved from <https://www.flashcutcnc.com/product/stepper/thc-ohmic-disc-25/>
- Galperin, H. (1971). Study of ball bearing lifespan in field-engine driveline. Saratov State Agrarian University.
- Grados Material Mundial. (2019). *Acero ASTM36*. Retrieved from <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>
- H. Berthou, V. N. (2009). High-frequency inductively coupled torch (HF-ICP) for pure and doped silica deposition. *International conference on metallurgical Coating and thin films*. San Diego.
- Handbook, A. (1992). Lubrication and wear Technology. In *Friction* (pp. 176 - 192).

- Hardfacing. (2009). *Wear resistant wire*. Retrieved from <https://www.hardfacingfty.com/what-is-resistance-welding-wire/>
- Herrera, J. C. (2019). Placas Antidesgaste [Recorded by A. m. Talleres Cuesta]. Cuenca, Azuay, Sierra.
- Holmberg K, L. A. (2012). Wear models. In *Handbook of Lubrication and Tribology*. Boca Raton: CRC Presss.
- Hunchings I M. (1992). In *Tribology: Friction and wear of engineering materials*. oxford: Butterworth-Heinemann.
- Janicki D. (2017). Fabrication of high chromium white iron surface layers on ductile cast iron substrate by laser surface alloying. *Journal of Mechanical Engineering*, 363-372.
- Jonnathan Solorzano - Ronny Guaraca. (2019, septiembre). Placas de recubrimiento. *Antidesgaste placas*. (L. Lopez, Interviewer)
- Khruschov M M. (1974). Principles of abrasive wear. wear 28.
- Kostetdki B I, N. I. (2005). In the surface of materials in friction (in Rusia). Kiev.
- Kostetski B I. (2005). Structure and surface strength of materials in inn friction. Kiev: Strength of materials.
- Limited., H. M. (2016). *Harfacing*. Retrieved from www.metalspiping.com: <http://www.metalspiping.com/hardfacing.html>
- Lisiecki A. (2016). Comparison of titanium metal matrix composite surface layers produced during laser gas nitriding of Ti6Al4V alloy by different types of lasers. *Arch. Metall. Mater*, 1777-1784.
- Luis Bernardo Lopez Vazquez. (2015). *Aceros y fundiciones*. Editorial Club Universitario .
- M. L. Thorpe. (1993). *Thermal spray, advanced materials and processes*.
- Marulanda-Arevalo J, C.-M. L. (2017). Abrasive wear in wear plates and hard coatings applied by welding with shielded electrode. 105-112.
- Mcguire, M. F. (2008). *Austenitic Stainless Steels* . Retrieved from *Stainless Steels for design engieneering* : https://www.asminternational.org/documents/10192/3473958/05231G_Sample.pdf/7c5e4830-b443-4c71-a8c8-1a85c5b39dc5
- Mikell P. Groover, E. W. (2008). *CAD/CAM: Computer-Aided design and manufacturing*. New Jersey : Mary Carnis .
- Miller, R. F. (n.d.). *Superior Consumables*. (M. 89, Producer, & Clad Technologies Inc) Retrieved from <https://www.superiorconsumables.com/cladded-wear-plates-find-mining-applications/>
- Mulhearn T O, S. L. (1962). The abrasion of metals: a model of the process. WEAR 5.
- Norton R. (2009). *Diseño de maquinaria, sintesis y analisis de maquinas y mecanismos*. Monterey, DF, Mexico .

- Omron Industrial Automation. (2018). *Proximity Sensors*. Retrieved from <https://www.ia.omron.com/support/guide/41/introduction.html>
- Patrick Hood-Daniel, J. F. (2009). Build your own CNC machine . Technology in action.
- Quijorna, A. J. (2007). *Elementos de maquinas* . Area de ingenieria mecanica Universidad de Castilla .
- R. Weiner. (2018). Chromium Plating. *Walmsley*.
- Rabinowicz E. (1965). In friction and wear of materials. New York: John Wiley & Sons.
- Robot3T. (2020). *Compact THC 3T*. Retrieved from <https://robot3t.com/en/san-pham/compact-thc3t-02-updown-output/>
- Roy M, R. K. (1998). An analysis of the trnsition from metal erosion to oxide erosion. *wear* 217.
- S. E. Cardenas, C. L. (2017). *Universidad Piloto de Colombia* . Retrieved from Polux: <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003873.pdf>
- Slycke, T. E. (2008). A study of reaction occuring during the carbonimding process. In J. H. Treat.
- SolidWorks. (2021). Retrieved from <https://www.solidworks.com>
- SSAB AB. (2017). <https://www3.ssab.com>.
- Stickels, C. (2008). Overview of carburizing processing and performance. *ASTM International*, 1-9.
- Sundarajan G, R. M. (1997). Solid particle erosion behaviour of metallic materials at room and elevated temperatures. *Tribol* .
- Superior Consumables. (2021). *Cladded wear plates*. Retrieved from <https://www.superiorconsumables.com/cladded-wear-plates-find-mining-applications/>
- Suzhou Waldun Welding CO LTD. (2020, June). *Wear Resistant Plate*. Retrieved from Hardfacing: <https://www.hardfacingfty.com/product/>
- Tabrett C.P, S. I. (1996). Microstructure-property relationships in high chromium white iron alloys. 59-82.
- Tenenbaum M M. (1976). Resistence to abrasive wear. Moscow: Mashinostroenie.
- Vallejo, J. J. (2020). *Seleccion de un material sostenible para el mecanismo piñon cremallera de una banda de dirección hidráulica considerando el método de evaluacion e ciclo de vida y aplicando metodos multicriterios*. Quito : Universidad internacional SEK .
- Varenberg M, H. G. (202). Different aspects of the role of wear debris in fretting wear. *wear* 252.
- VAUTID. (2019). *Vautid Wear Plates* . Retrieved from <https://www.siebert.com.br/wp-content/uploads/2017/07/VVP-100-engl-041016.pdf>
- Vingsbo O, S. S. (2002). On Fretting maps. . *Wear* 126.
- W. B. MARTIN. (2015). Electroless Ni composites. . *The second generation of chemical plating* . Cincinnati .
- W. L. Kovacs. (n.d.). *Ionitriding and Ion Carburizing*. ASM International.

Wang B J, S. N. (1996). Spark erosion behavior of silver-based particulate composites. *Wear* 195.

Waterhouse R B. (2005). In *fretting Corrosion*. Oxford:Pergamon.

Y. Altintas. (2000). *Manufacturing automation: metal cutting mechanics, machine tool vibrations, and cnc design*. Cambridge University Press.

Zum Gahr, K. a. (2017). Abrasive wear of white cast irons. 175-194.

(s.f.). Obtenido de <https://publicacionesfac.com/index.php/TecnoESUFA/article/view/457/563>

ASOCIACION TECNICA COMERCIAL E INDUSTRIAL S.A. "ASTEKO S.A.". (2016, Octubre 7). Obtenido de Asteco: <https://www.asteco.com.co/index.php/productos/soldaduras-especiales-para-mantenimiento-y-reparacion>

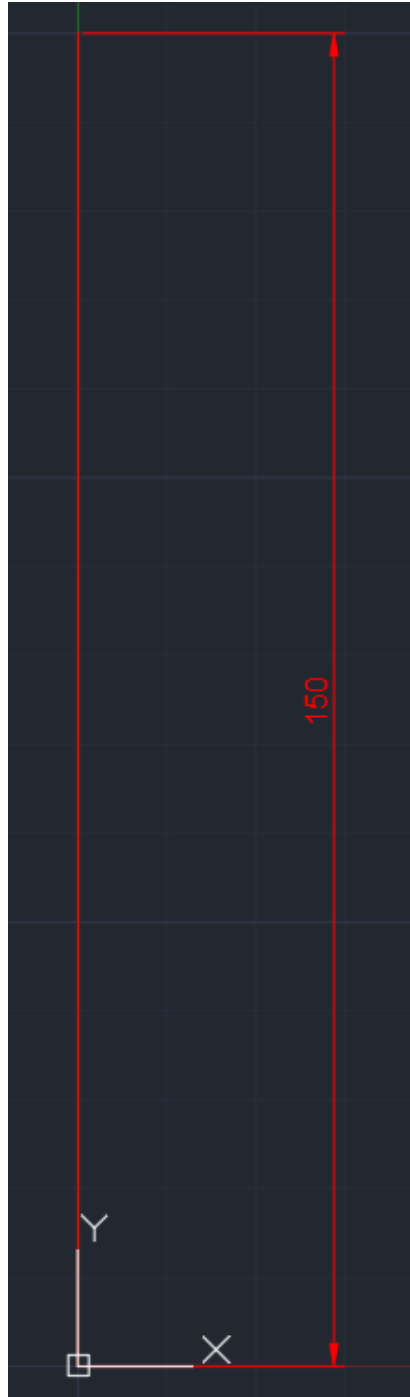
Asteco. (s.f.).

G. Prieto, G. R. (2015). *Abrasion resistance of high Mn steel alloys*. Buenos Aires: 3 International Workshop of ribology.

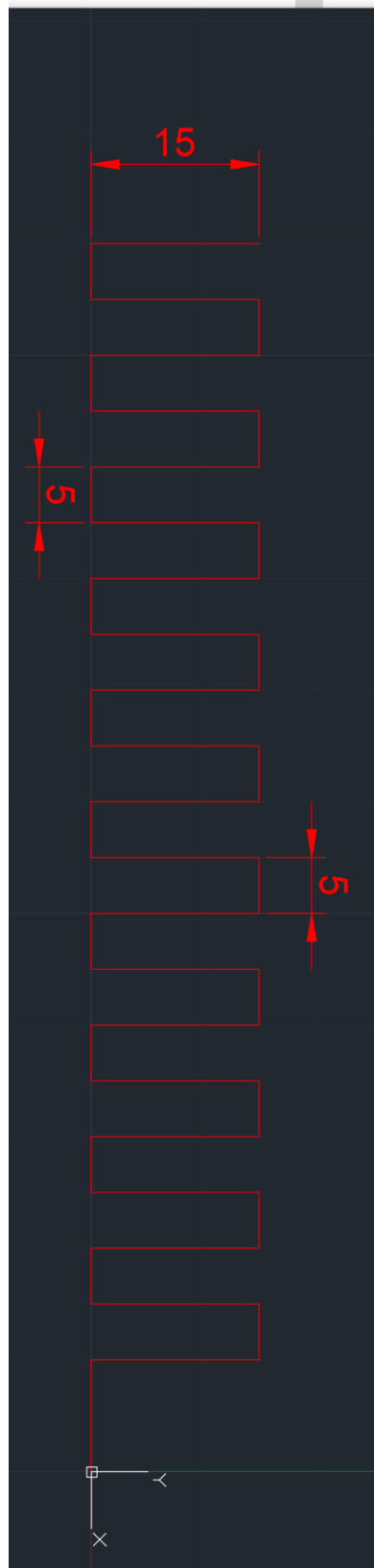
11 ANEXOS

11.1 CALIGRAFÍAS DE SOLDADURA REALIZADAS EN AUTOCAD

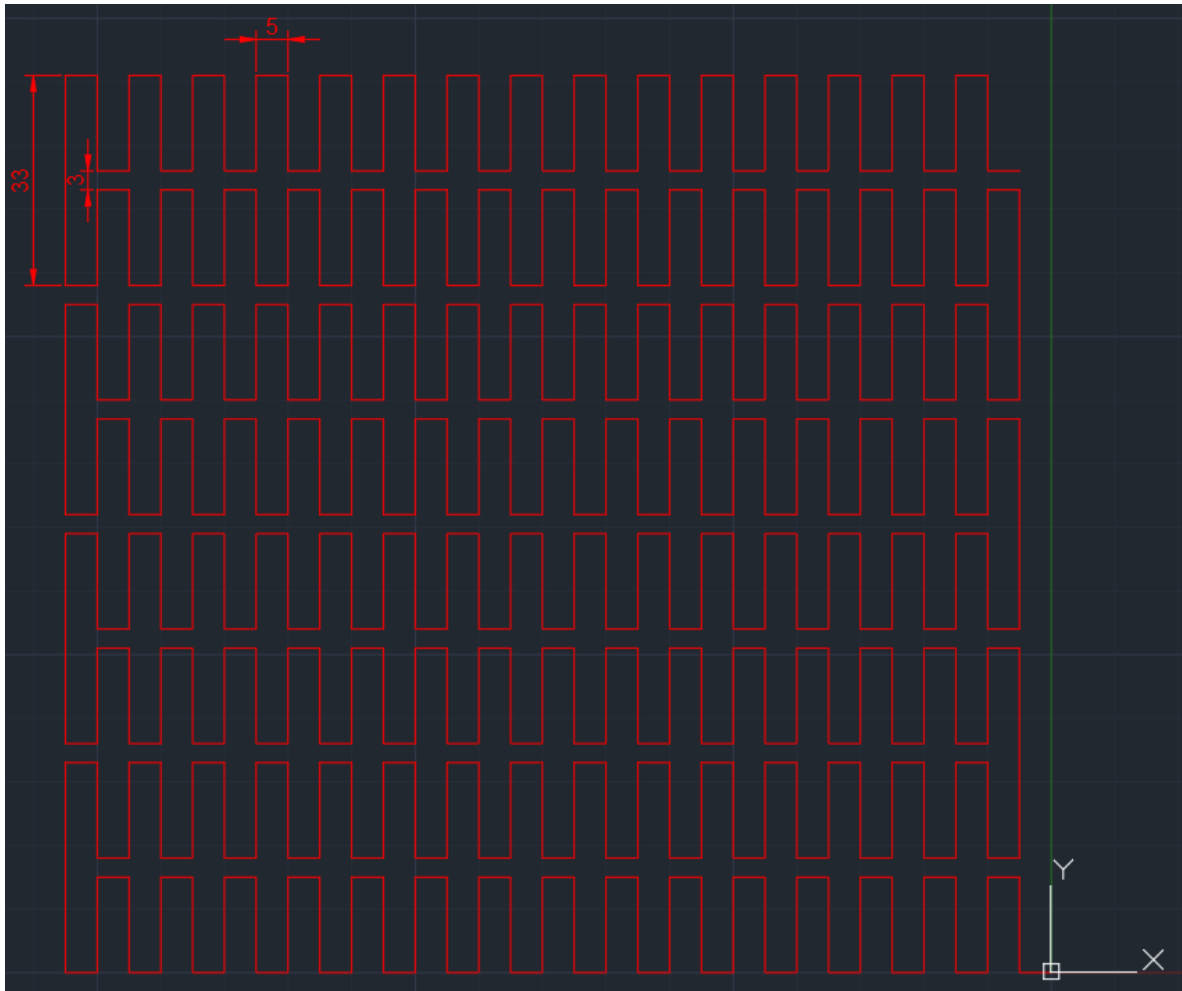
-Línea Recta



-Diente Cuadrado



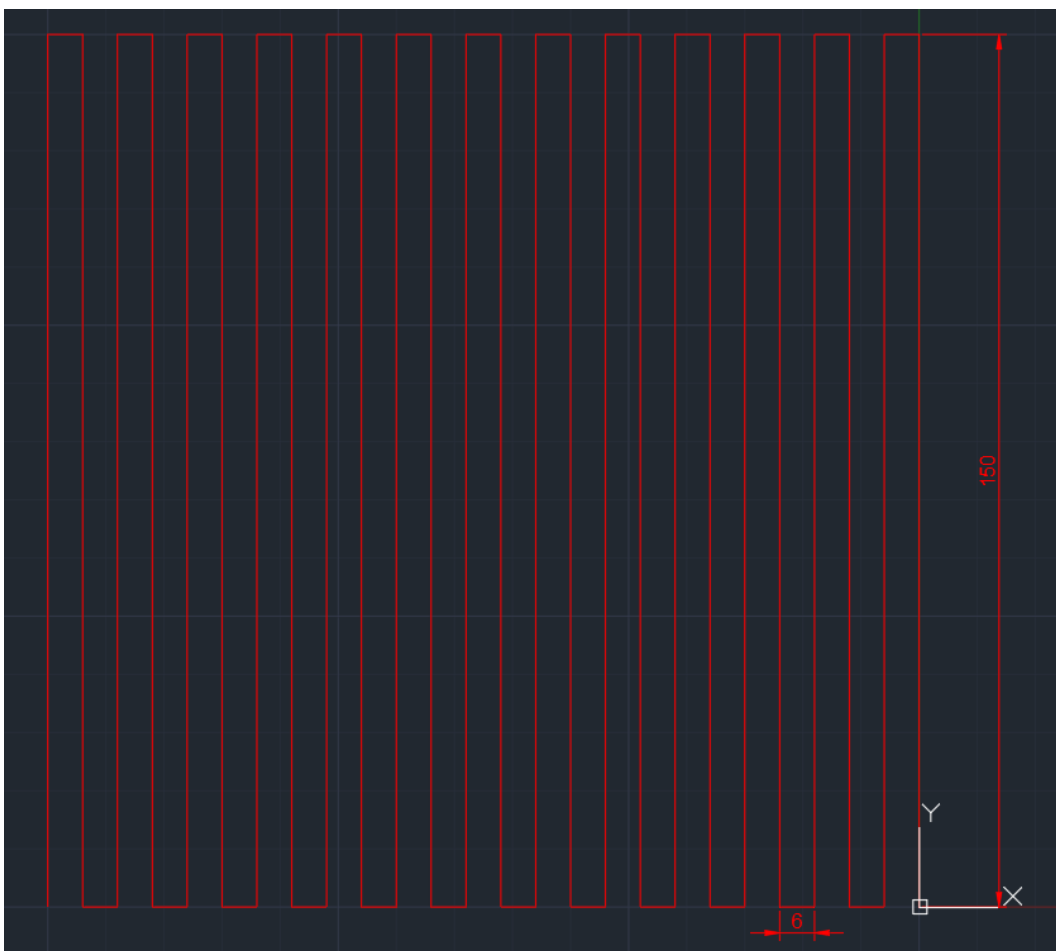
-Diente Cuadrado completo



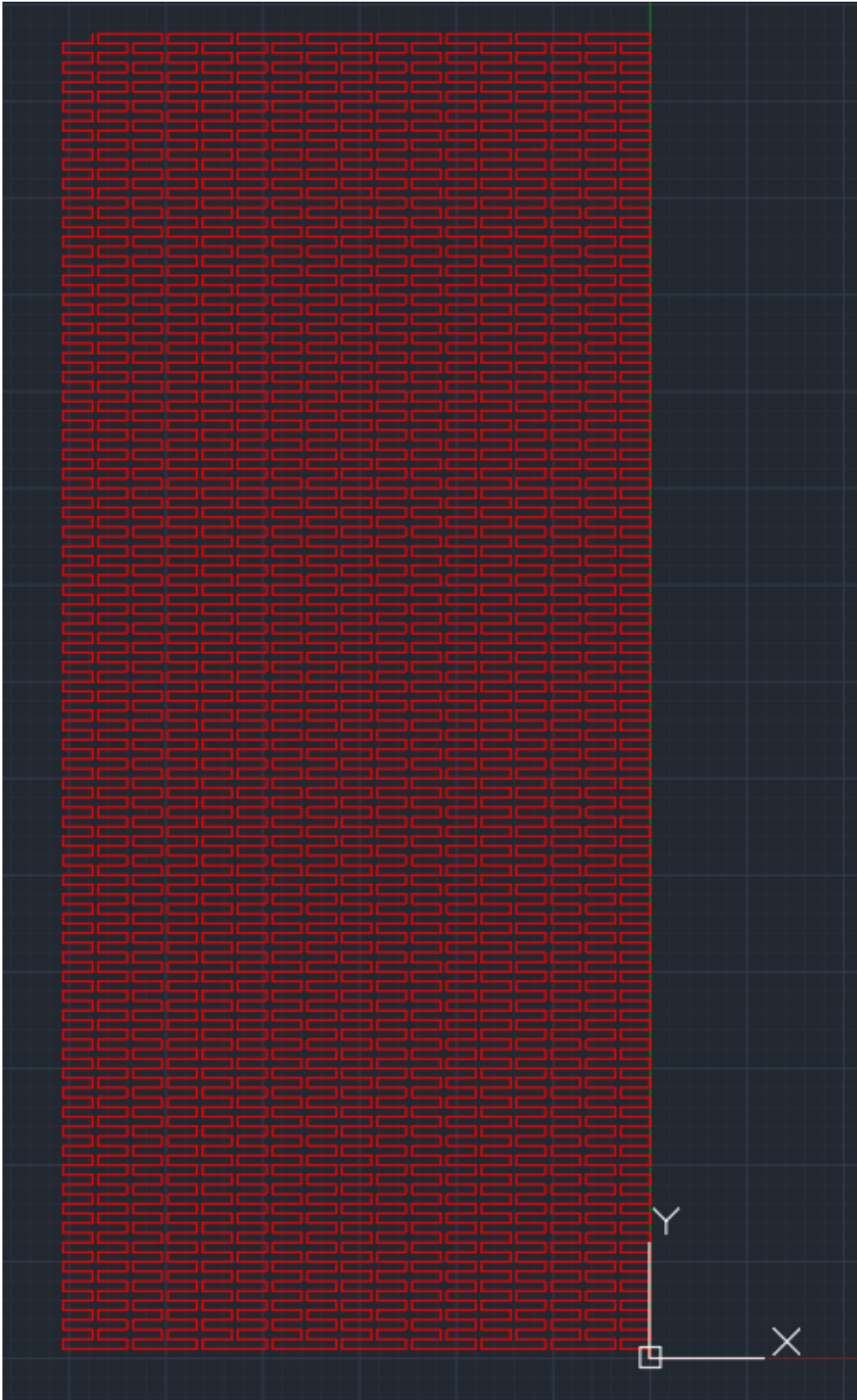
-Línea Recta media



-Línea Recta completa



-Placa Final



11.2 CÓDIGO G DE LAS CALIGRAFÍAS DE SOLDADURA OBTENIDAS MEDIANTE LAZYCAM

-Línea Recta

```
N5 (File Name = LineaRecta on Thursday, March 20, 2020)
N10 (Default Plasma Post)
N15 G91.1
N20 G0 Z2.0000
N25 G0 X0.0000 Y0.0000
N30 G28.1 (Probe for Stock)
N35 G0 Z0.1500
N40 M3(PLasma On)
N45 G4 P0.0010
N50 G1 Y150.0000 Z0.3000 F250.00
N55 G4P0.00
N60 M5 (Plasma Off)
N65 G0 Z2.0000
N70 M30
```

-Diente cuadrado

```
N5 (File Name = Diente Cuadrado on Thursday, March 20, 2020)
N10 (Default Plasma Post)
N15 G91.1
N20 G0 Z0.0000
N25 G0 X0.0000 Y0.0000
N30 G28.1 (Probe for Stock)
N35 G0 Z1.2000
N40 M3(PLasma On)
N45 G4 P0.0010
N50 G1 Z0.3000 F1.00
N55 X-10.0000 F100.00
N60 Y15.0000
N65 X-15.0000
N70 Y0.0000
N75 X-20.0000
N80 Y15.0000
N85 X-25.0000
N90 Y0.0000
N95 X-30.0000
N100 Y15.0000
N105 X-35.0000
N110 Y0.0000
N115 X-40.0000
N120 Y15.0000
N125 X-45.0000
N130 Y0.0000
N135 X-50.0000
N140 Y15.0000
N145 X-55.0000
N150 Y0.0000
N155 X-60.0000
N160 Y15.0000
N165 X-65.0000
N170 Y0.0000
N175 X-70.0000
N180 Y15.0000
N185 X-75.0000
N190 Y0.0000
N195 X-80.0000
N200 Y15.0000
N205 X-85.0000
N210 Y0.0000
N215 X-90.0000
N220 Y15.0000
N225 X-95.0000
N230 Y0.0000
N235 X-100.0000
N240 Y15.0000
N245 X-105.0000
N250 Y0.0000
N255 X-110.0000
N260 Y15.0000
N265 G4P0.00
N270 M5 (Plasma Off)
N275 G0 Z0.0000
N280 M30
```

-Diente cuadrado completo

```
N5 (File Name = prueba Diente cuadrado Completo on Thursday, June 25, 2020)
N10 (Default Plasma Post)
N15 G91.1
N20 G0 Z60.0000
N25 G0 X-14.9999 Y0.0000 |
N30 G28.1 (Probe for Stock)
N35 G0 Z0.0000
N40 M3(PLasma On)
N45 G4 P0.0010
N50 G1 Y15.0000 F60.00
N55 X-19.9999
N60 Y0.0000
N65 X-24.9999
N70 Y15.0000
N75 X-29.9999
N80 Y0.0000
N85 X-34.9999
N90 Y15.0000
N95 X-39.9999
N100 Y0.0000
N105 X-44.9999
N110 Y15.0000
N115 X-49.9999
N120 Y0.0000
N125 X-54.9999
N130 Y15.0000
N135 X-59.9999
N140 Y0.0000
N145 X-64.9999
N150 Y15.0000
N155 X-69.9999
N160 Y0.0000
N165 X-74.9999
N170 Y15.0000
N175 X-79.9999
N180 Y0.0000
N185 X-84.9999
N190 Y15.0000
N195 X-89.9999
N200 Y0.0000
N205 X-94.9999
N210 Y15.0000
N215 X-99.9999
N220 Y0.0000
N225 X-104.9999
N230 Y15.0000
N235 X-109.9999
N240 Y0.0000
N245 X-114.9999
N250 Y35.0000
N255 X-109.9999
N260 Y20.0000
N265 X-104.9999
N270 Y35.0000
```


N275	X-99.9999	
N280	Y20.0000	
N285	X-94.9999	
N290	Y35.0000	
N295	X-89.9999	
N300	Y20.0000	
N305	X-84.9999	
N310	Y35.0000	
N315	X-79.9999	
N320	Y20.0000	
N325	X-74.9999	
N330	Y35.0000	
N335	X-69.9999	
N340	Y20.0000	
N345	X-64.9999	
N350	Y35.0000	
N355	X-59.9999	
N360	Y20.0000	
N365	X-54.9999	
N370	Y35.0000	
N375	X-49.9999	
N380	Y20.0000	
N385	X-44.9999	
N390	Y35.0000	
N395	X-39.9999	
N400	Y20.0000	
N405	X-34.9999	
N410	Y35.0000	
N415	X-29.9999	
N420	Y20.0000	
N425	X-24.9999	
N430	Y35.0000	
N435	X-19.9999	
N440	Y20.0000	
N445	X-14.9999	
N450	X-14.9947	Y40.0000
N455	Y55.0000	
N460	X-19.9947	
N465	Y40.0000	
N470	X-24.9947	
N475	Y55.0000	
N480	X-29.9947	
N485	Y40.0000	
N490	X-34.9947	
N495	Y55.0000	
N500	X-39.9947	
N505	Y40.0000	
N510	X-44.9947	
N515	Y55.0000	
N520	X-49.9947	
N525	Y40.0000	
N530	X-54.9947	
N535	Y55.0000	
N540	X-59.9947	

N545 Y40.0000
N550 X-64.9947
N555 Y55.0000
N560 X-69.9947
N565 Y40.0000
N570 X-74.9947
N575 Y55.0000
N580 X-79.9947
N585 Y40.0000
N590 X-84.9947
N595 Y55.0000
N600 X-89.9947
N605 Y40.0000
N610 X-94.9947
N615 Y55.0000
N620 X-99.9947
N625 Y40.0000
N630 X-104.9947
N635 Y55.0000
N640 X-109.9947
N645 Y40.0000
N650 X-114.9947
N655 Y75.0000
N660 X-109.9947
N665 Y60.0000
N670 X-104.9947
N675 Y75.0000
N680 X-99.9947
N685 Y60.0000
N690 X-94.9947
N695 Y75.0000
N700 X-89.9947
N705 Y60.0000
N710 X-84.9947
N715 Y75.0000 |
N720 X-79.9947
N725 Y60.0000
N730 X-74.9947
N735 Y75.0000
N740 X-69.9947
N745 Y60.0000
N750 X-64.9947
N755 Y75.0000
N760 X-59.9947
N765 Y60.0000
N770 X-54.9947
N775 Y75.0000
N780 X-49.9947
N785 Y60.0000
N790 X-44.9947
N795 Y75.0000
N800 X-39.9947
N805 Y60.0000

N810 X-34.9947
 N815 Y75.0000
 N820 X-29.9947
 N825 Y60.0000
 N830 X-24.9947
 N835 Y75.0000
 N840 X-19.9947
 N845 Y60.0000
 N850 X-14.9947
 N855 Y75.0000
 N860 X-9.9947
 N865 Y60.0000
 N870 X0.0053
 N875 G4P0.00
 N880 M5 (Plasma Off)
 N885 G0 Z60.0000
 N890 M30

-Línea recta media

N5 (File Name = Linea recta media 13 on Tuesday, August 04, 2020)
 N10 (Default Plasma Post)
 N15 G91.1
 N20 G0 Z2.0000
 N25 G0 X0.0000 Y0.0000
 N30 G28.1 (Probe for Stock)
 N35 G0 Z0.1500
 N40 M3(Plasma On)
 N45 G4 P0.0010
 N50 G1 X-155.0000 Z0.3000 F254.00
 N55 Y-4.9999
 N60 X-5.0000
 N65 Y-10.0000
 N70 X-155.0000
 N75 Y-15.0000
 N80 X-5.0000
 N85 Y-20.0000
 N90 X-155.0000
 N95 Y-25.0000
 N100 X-5.0000
 N105 Y-30.0000
 N110 X-155.0000
 N115 Y-35.0000
 N120 X-5.0000
 N125 Y-40.0000
 N130 X-155.0000
 N135 Y-45.0000
 N140 X-5.0000
 N145 Y-50.0000
 N150 X-155.0000
 N155 G4P0.00
 N160 M5 (Plasma Off)
 N165 G0 Z2.0000
 N170 M30

-Línea recta completa

```



N5 (File Name = Linea recta completa on Thursday, March 29, 2020)
N10 (Default Plasma Post)
N15 G91.1
N20 G0 Z2.0000
N25 G0 X0.0000 Y0.0000
N30 G28.1 (Probe for Stock)
N35 G0 Z0.1500
N40 M3(PLasma On)
N45 G4 P0.0010
N50 G1 Y150.0000 Z0.3000 F350.00
N55 X-5.9999
N60 Y0.0000 |
N65 X-12.0000
N70 X-11.9999 Y150.0000
N75 X-17.9999
N80 Y0.0000
N85 X-23.9999
N90 Y150.0000
N95 X-29.9999
N100 Y0.0000
N105 X-35.9999
N110 Y150.0000
N115 X-41.9999
N120 Y0.0000
N125 X-47.9999
N130 Y150.0000
N135 X-53.9999
N140 Y0.0000
N145 X-59.9999
N150 Y150.0000
N155 X-65.9999
N160 Y0.0000
N165 X-71.9999
N170 Y150.0000
N175 X-77.9999
N180 Y0.0000
N185 X-83.9999
N190 Y150.0000
N195 X-89.9999
N200 Y0.0000
N205 X-95.9999
N210 Y150.0000
N215 X-101.9999
N220 Y0.0000
N225 X-107.9999
N230 Y150.0000
N235 X-113.9999
N240 Y0.0000




N245 X-119.9999
N250 Y150.0000
N255 X-125.9999
N260 Y0.0000
N265 X-131.9999
N270 Y150.0000
N275 X-137.9999
N280 Y0.0000
N285 X-143.9999
N290 Y150.0000
N295 X-149.9999
N300 Y0.0000
N305 G4P0.00
N310 M5 (PLasma Off)
N315 G0 Z2.0000
N320 M30

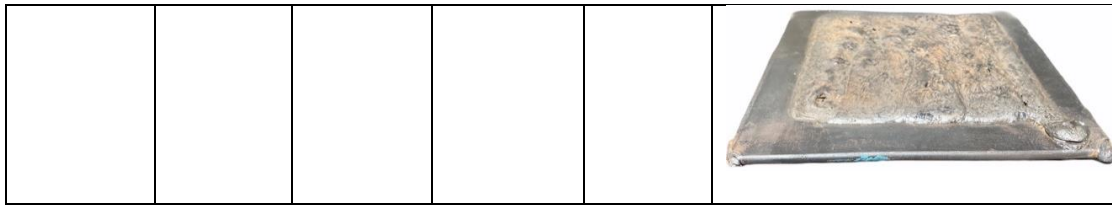
```

11.3 TABLA PRUEBAS SOLDADURA



*ALAMBRE: EUTETIC CASTOLIN OA4601 (4601OA-28-25K)




Amperaje Caligrafía	Velocidad de Salida Alambre	Altura Antorcha Stickout	Velocidad Mach 3	Calidad del Soldado	Resultado
130A *Línea recta	3.2	3.5cm	250	10%	
140A *Diente cuadrado	3.3	3.0cm	240	20%	


250A *Diente cuadrado completo	4	2.5cm	280	75%	
1)260A 2)280A *Línea recta media	4.2 4.3	2.5cm 2.0cm	310 300	85% 91%	
280A *Línea recta completa	4.3	2.5cm	320	90%	



*ALAMBRE VAUTID FÜLLDRAHT-FLUX CORED WIRE

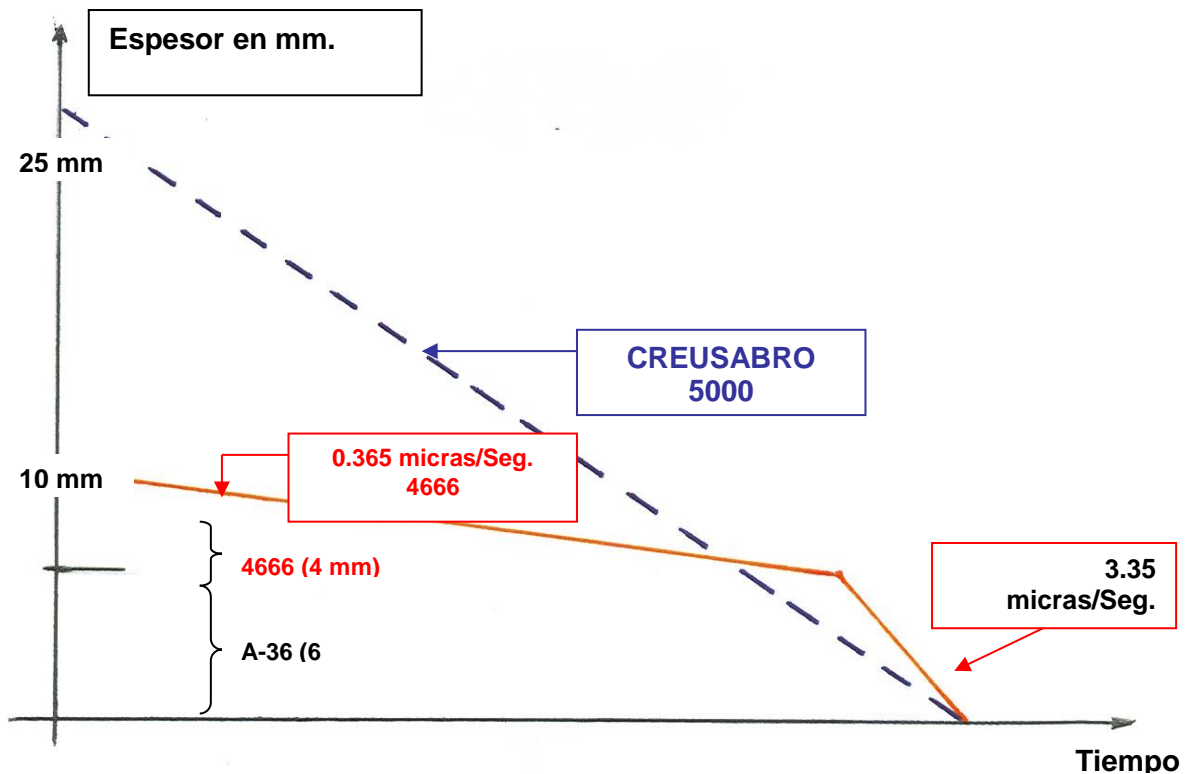
Amperaje Caligrafía	Velocidad Salida Alambre	Altura Antorcha Stickout	Velocidad Mach 3	Calidad de Soldado	Resultado
1) 240A	4	3cm	284	30%	
2) 260A	4	3cm	250	50%	
3) 200A	3.3	2.5cm	270	80%	
*Línea recta *Diente cuadrado					
1) 270A	4.1	2.5cm	290	65%	
2) 230A	4.3	2cm	310	70%	
*Diente cuadrado completo					

					
140A	4.2	2cm	330	85%	
*Línea recta completa					
130A	3.3	2cm	350	97%	
*Diente cuadrado					

(Daño en tobera)-fundida					
1)200A *Diente cuadrado completo castolin	4.3	2.5cm	288	94%	 <p>Comparativa Dos Alambres</p>
2)220A *Línea Recta completa Vautid	5	2cm	385	63%	

11.4 ANÁLISIS DE LA RATA DE DESGASTE

RATA DE DESGASTE DE UN ACERO ANTIDESGASTE
 REF. **CREUSABRO 5000** (Brasil) Vs. **LAMINA REVESTIDA ANTIDESGASTE**
 REF. **CASTODUR DIAMOND PLATES CDP-4666**
 EFECTUADO EN EL LABORATORIO DE SAO PAULO-BRASIL



ANALISIS

Los Aceros Antidesgaste ofrecen durezas superficiales con una profundidad desde 0.2 hasta 0.4 mm; no importando cual sea el espesor total de la lámina, lo que indica que una vez perdida esta superficie el comportamiento contra el desgaste será igual al de una lámina convencional de A-36, puesto que la dureza no llega hasta el núcleo.

A diferencia de las láminas Revestidas Antidegaste CDP-4666 cuya dureza es garantizada por un Revestimiento de Soldadura hasta una profundidad de 4 mm, reduciendo considerablemente la rata de desgaste como se observa en la gráfica.

Placa Antidesgaste **25mm se desgastara en 3.45 horas** aproximadamente

Placa Bimetálica tiempo total de. desgaste: 3.50h

4mm (recubrimiento duro) se desgastara en 3 horas aproximadamente

6mm (A36) se desgastara en aproximadamente 0.50

Dicha información nos paso el Ing. Wilman Herrera de Antametal.