



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE LIMPIEZA POR
ARENADO PARA PARTES AUTOMOTRICES**

**AUTORES: ESPINOZA BENAVIDES JORGE ANTONIO
GALLEGOS MARTÍNEZ ERIK ORLANDO**

DIRECTOR: ING. CARLOS MARCELO SEGOVIA TROYA MSc.

IBARRA – 2023

CERTIFICADO**ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

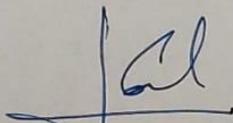
En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención de título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE LIMPIEZA POR ARENADO PARA PARTES AUTOMOTRICES" presentado por el señor Espinoza Benavides Jorge Antonio con el número de cédula 1004151971 y el señor Gallegos Martínez Erik Orlando con el número de cédula 1004385736, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 9 días del mes de noviembre del 2023

Atentamente:



Ing. Carlos Marcelo Segovia Troya MSc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004151971		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Espinoza Benavides Jorge Antonio		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Princesa Cory Cory 4-67 y Princesa Pacha		
EMAIL:	jaespinozab@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062650933	TELÉFONO MÓVIL:	0994651491

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004385736		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Gallegos Martínez Erik Orlando		
DIRECCIÓN:	Ibarra, Secundino Peñafiel 11-28 y Armando Hidrovo		
EMAIL:	cogallegosm@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	0625111032	TELÉFONO MÓVIL:	0967240637

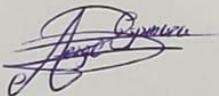
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Construcción de una máquina de limpieza por arenado para partes automotrices
AUTORES:	Espinoza Benavides Jorge Antonio Gallegos Martínez Erik Orlando
FECHA:	9 de noviembre del 2023

2. CONSTANCIAS

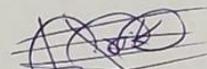
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 09 días del mes de noviembre de 2023

AUTORES



Espinoza Benavides Jorge Antonio
1004151971



Gallegos Martínez Erik Orlando
1004385736

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi esfuerzo, a mis padres y seres queridos que me han ayudado y apoyado en cada paso de mi vida estudiantil y a pesar de todos los percances que han ocurrido tanto académicamente como en la vida cotidiana han sido grandes pilares de fortaleza que me han enseñado a crecer y superar cualquier obstáculo que se me presente.

JORGE ESPINOZA

El presente trabajo de titulación está dedicado hacia todas mis familiares y amigos que han puesto su confianza en mí, que han sido un impulso para poder formarme de una manera correcta y poder desenvolverme de mejor forma en mi carrera y en mi trabajo, de una manera ética, responsable y profesional.

A mis padres Orlando y Rocío, que siempre me apoyaron en cada paso dado en mi vida académica, sustentando con esfuerzo y dedicación todas mis necesidades y hasta más, por siempre haberme llenado de cariño y disciplina que forjaron el hombre que soy.

A mis hermanos Nick y Li-xin, por siempre estar en todos los momentos que un hermano puede compartir con otro hermano, en los buenos y malos momentos que hacen que los considere como mis mejores amigos.

A una mujer muy especial, Karolayn Fuentes, que ha estado en todo mi proceso universitario, brindándome su cariño incondicional en todo momento, motivándome a ser una mejor persona, llenándome de comprensión y motivación en cada paso que dé con todo el amor, amabilidad y gentileza.

ERIK GALLEGOS

AGRADECIMIENTO

El más profundo agradecimiento a mis padres que con sus sacrificios, consejos y sabiduría han sabido guiarme y motivarme para cumplir todas mis metas propuestas, a la Universidad Técnica del Norte en conjunto con sus Docentes los cuales me acompañaron por toda mi travesía universitaria compartiendo sus conocimiento y experiencia para formarme profesionalmente y lograr así construir un mejor futuro contribuyendo a la sociedad de manera productiva.

JORGE ESPINOZA

Agradezco a todos mis familiares que me han compartido conmigo sus experiencias que me han guiado por el camino correcto siempre serán consideradas como guías en mi vida para poder ser una mejor persona y siempre seguir adelante de la manera correcta.

A mi abuelito Luchito Gallegos y a mi bisabuelita Hermila Leitón, que, aunque no estén conmigo, sé que van a cuidar de mí, siempre serán un ejemplo para seguir, agradeceré siempre sus sabias palabras y consejos que alguna vez me dieron y las fuerzas que me dan hoy en día, sé que estarían orgullosos de ver los objetivos que estoy logrando en base a las enseñanzas.

A mis amigos, Jorge, Ángel y Darío por hacer de mi ambiente académico un lugar competitivo y colaborativo, por ayudarnos en todos estos años dentro y fuera de las aulas y siempre estar pendientes de la integridad de cada uno de nosotros.

A equipo de docentes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas que siempre facilitaron los medios suficientes para conseguir interés en todas las materias, en especial para el Ing. Carlos Segovia MSc. Director de la investigación, quien me ha ofrecido su mano para realizar la investigación con paciencia y dedicación.

ERIK GALLEGOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Tema	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Situación actual	2
1.3.1 Mercado mundial de arenadoras	2
1.4 Prospectiva	3
1.5 Planteamiento del problema	3
1.6 Objetivos	4
1.6.1 Objetivo general	4
1.6.2 Objetivos específicos	4
1.7 Alcance	4
1.8 Justificación	5
1.9 Contexto	5
1.10 Arenadora o Sandblaster	6
1.10.1 Historia	6
1.10.2 Definición	6
1.11 Tipos de arenadoras	7
1.11.1 Pistola de arena	8
1.11.2 Arenadora a depresión	8
1.11.3 Arenadora a presión	9
1.11.4 Cabina de arenado	9
1.12 Principio de funcionamiento	10
1.13 Tipos de material abrasivo	11
1.13.1 Arena de sílice	11
1.13.2 Granalla de acero	12
1.13.3 Granalla Mineral	12
1.13.4 Bicarbonato de sodio	13

1.14	Requerimientos de seguridad previos al trabajo con sandblasting	13
1.14.1	Detalles específicos del procedimiento	13
1.14.2	Requisitos de seguridad para trabajos de sandblasting	13
1.14.3	Equipos de protección personal	13
CAPÍTULO II		16
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1	Materiales de la máquina de limpieza por arenado	16
2.1.1	Acero ASTM A36	16
2.1.2	Válvulas de bola de 1½” y ½”	17
2.1.3	Válvula de seguridad calibrada	17
2.1.4	Ruedas para diversas cargas	18
2.1.5	Mangueras	19
2.1.6	Boquillas	19
2.1.7	Acople de aluminio B1	20
2.1.8	Medidor de presión	20
2.1.9	Filtro regulador	21
2.2	Materiales implementados para la limpieza de autopartes	22
2.2.1	Granalla mineral	22
2.2.2	Carbonato de calcio tipo B-1	23
2.3	Equipos y herramientas de construcción	24
2.3.1	Equipos y maquinaria industrial	24
2.3.2	Herramientas	25
2.4	Métodos	25
2.4.1	Proceso de modelamiento en software SolidWorks	26
2.4.2	Proceso de diseños en SolidWorks	27
2.4.3	Proceso de manufactura de máquina de limpieza por arenado	29
2.4.4	Procesos de acabado de máquina de limpieza por arenado	33
2.4.5	Proceso de manufactura de cabina de limpieza por arenado	35
CAPÍTULO III		39
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1	Modificaciones, cambios y pruebas estructurales de la máquina de limpieza por arenado	39
3.1.1	Rebordes	39

3.1.2	Manguera principal	41
3.1.3	Pistola de arenado a punta cerámica	42
3.1.4	Prueba hidrostática	43
3.2	Material abrasivo accesible	45
3.2.1	Carbonato de Calcio tipo B-1 como material abrasivo	46
3.2.2	Ficha técnica del carbonato de calcio tipo B-1	47
3.2.3	Análisis microscópico del deterioro de los materiales abrasivos	48
3.3	Prueba de hipótesis de deformación	50
3.3.1	Recopilación de datos en SolidWorks	50
3.3.2	Prueba de hipótesis con Statgraphics	53
3.4	Implementación de cabina para arenado	57
3.5	Pasos para el correcto uso de la máquina de limpieza por arenado sin cabina para arenado	58
3.6	Pasos para el correcto uso de la máquina de limpieza por arenado con cabina para arenado	67
3.7	Resultados de limpieza con arenado en diferentes superficies	75
3.8	Análisis de costos y viabilidad	84
3.8.1	Máquina de limpieza por arenado	85
3.8.2	Cabina de arenado	86
3.9	Conclusiones y Recomendaciones	87
3.9.1	Conclusiones	87
3.9.2	Recomendaciones	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NUM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA NÚM.
1.1	Primera máquina arenadora en 1870	6
1.2	Limpieza con máquina arenadora	7
1.3	Pistola de arena por caída	8
1.4	Arenadora a depresión	8
1.5	Arenadora a presión	9
1.6	Cabina de arenado	9
1.7	Arena de sílice blanca	11
1.8	Granalla de acero esférica	12
1.9	Granalla mineral	12
1.10	Bicarbonato de sodio	13
1.11	Camisas de trabajo de algodón 100%	14
1.12	Zapatos de seguridad industrial con punta de acero	14
1.13	Guantes de carnaza largos	14
1.14	Mascarilla N100 4700N100	15
1.15	Lentes de Seguridad 3M SecureFit Serie 500	15
2.1	Propiedades de Acero Estructural ASTM A36	16
2.2	Características de válvulas de bola	17
2.3	Dimensiones generales de válvulas de bola	17
2.4	Características de ruedas de manutención	19
2.5	Presión máxima de trabajo de acoples de aluminio	20
2.6	Información de medidor de presión	21
2.7	Filtro regulador AW40-A	21
2.8	Características de Carbonato de Calcio Tipo B-1	23
2.9	Prototipo en SolidWorks	27
2.10	Vistas del prototipo de la máquina arenadora	28
2.11	Prototipo de arenadora en SolidWorks	29
2.12	Líneas guía para rolar soldar la tolva	30
2.13	Prensa de pandeo para la tapa superior de la tolva	31
2.14	Máquina rebordeadora en tapa de tolva	31
2.15	Procesos de suelda en tolva y cilindro	32
2.16	Unión por suelda de cilindro y tolva	33
2.17	Armado de patas, ruedas y jaladeras	33
2.18	Proceso de pintura de la máquina de arenado	34
2.19	Máquina de limpieza por arenado terminada	35
2.20	Procesos de desmontaje	36
2.21	Proceso de reformación	37
2.22	Proceso de adaptación para funcionar con la máquina de arenado	37
2.23	Cabina de arenado terminada	38
3.1	Realización de rebordes en tapa y tolva	40
3.2	Rebordes en máquina de limpieza por arenado	41
3.3	Manguera de altas presiones	42
3.4	Bomba de alta presión	44
3.5	Adaptación de boquilla para entrada de agua de prueba hidrostática	44
3.6	Prueba hidrostática	45
3.7	Roca de carbonato de calcio	45

3.8	Usos del carbonato de calcio	46
3.9	Ficha técnica de carbonato de calcio tipo B-1	47
3.10	Muestra de carbonato de calcio tipo B-1 antes de su uso	48
3.11	Muestra de carbonato de calcio tipo B-1 después de su uso	49
3.12	Dimensión Horizontal del carbonato de calcio tipo B-1	49
3.13	Dimensión vertical del carbonato de calcio tipo B-1	50
3.14	Simulación de presión en contenedor de 1.5mm a 300 PSI	52
3.15	Simulación de presión en contenedor de 2mm a 300 PSI	52
3.16	Simulación de presión en contenedor de 4mm a 300 PSI	52
3.17	Curva e potencia y media verdadera en Statgraphics	53
3.18	Escala de deformación mediante gráfico de Caja y Bigotes	56
3.19	Escala de deformación mediante Histograma	56
3.20	Gráfica de probabilidad Normal	57
3.21	Implementos de seguridad personal	58
3.22	Presión promedio del compresor	59
3.23	Integridad de conexión y manguera principal	59
3.24	Desmontaje de punta de máquina de limpieza por arenado	60
3.25	Autopartes destinadas a ser arenadas	60
3.26	Colocación de material abrasivo	61
3.27	Tapa de máquina de limpieza por arenado	61
3.28	Válvulas en la máquina de limpieza por arenado	62
3.29	Coordinación entre dos personas para la manipulación de máquina	63
3.30	Persona arenando	64
3.31	Revisión de la pieza entre ciclos de trabajo	65
3.32	Polea de motor después de limpieza	65
3.33	Polea limpiada y oxidada por dejarla al aire libre	66
3.34	Lubricante ABRO AB80	66
3.35	Pieza limpiada y lubricada con líquido ABRO AB80	67
3.36	Implementos de seguridad personal con cabina para arenado	67
3.37	Presión promedio del compresor	68
3.38	Integridad de conexión y manguera principal	68
3.39	Desmontaje de punta de máquina de limpieza por arenado	69
3.40	Culata de motor de motocicleta antes de limpieza por arenado	69
3.41	Autoparte dentro de cabina para ser arenada	70
3.42	Colocación de material abrasivo	70
3.43	Tapa de máquina de limpieza por arenado	71
3.44	Válvulas en la máquina de limpieza por arenado	72
3.45	Limpieza por arenado con cabina	73
3.46	Revisión de la pieza entre ciclos de trabajo	74
3.47	Culata de motor después de limpieza	74
3.48	Lubricante ABRO AB80	75
3.49	Polea de cigüeñal antes de ser arenada	76
3.50	Polea de cigüeñal después de ser arenada	76
3.51	Pistón de motor antes de ser arenado	77
3.52	Pistón de motor después de ser arenado	77
3.53	Culata de moto antes de ser arenada	78
3.54	Culata de moto después de ser arenada	78
3.55	Acoples de contenedor antes de ser arenados	79
3.56	Acoples de contenedor después de ser arenados	79
3.57	Múltiple de escape antes de ser arenado	80

3.58	Múltiple de escape después de ser arenado	80
3.59	Satélite de transmisión antes de ser arenado	81
3.60	Satélite de transmisión después de ser arenado	81
3.61	Gato Hidráulico antes de ser arenado	82
3.62	Gato Hidráulico después de ser arenado	82
3.63	Axial antes de ser arenado	83
3.64	Axial antes de ser arenado	83

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN	PÁGINA NÚM.
1.1	Ecuación de Energía Cinética	10
1.2	Ecuación de Forma de partícula esférica	10
1.3	Ecuación de Energía Cinética con partícula esférica	10

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NUM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA NÚM.
3.1	Recopilación de datos de deformación en SolidWorks	51
3.2	Resumen Estadístico para Escala de Deformación	54
3.3	Descripción de limpieza de polea de cigüeñal	76
3.4	Descripción de limpieza de pistón de motor	76
3.5	Descripción de limpieza de culata de moto	77
3.6	Descripción de limpieza de accesorios de un tanque de combustible	77
3.7	Descripción de limpieza de múltiple de escape	78
3.8	Descripción de limpieza de satélite de transmisión	78
3.9	Descripción de limpieza de axial	79
3.10	Descripción de limpieza de gato hidráulico de botella	79
3.11	Costos totales de construcción de máquina de limpieza por arenado	81
3.12	Costos totales de construcción de cabina de limpieza por arenado	82

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NUM	DESCRIPCIÓN	PÁGINA NÚM.
1	Visita a Sandblasting Anchundia en la ciudad de Quito	93
2	Cabina de granallado en la ciudad de Guayaquil	93
3	Mantenimiento diario de cabina de granallado de Caterpillar	94
4	Prototipo de distribución de válvulas de arenadora	94
5	Prensa con moldes para tapas de cilindros	95
6	Proceso de rolado de tolva para arenadora	95
7	Rebordeadora en tapa de arenadora	96
8	Suelda de tapa de arenadora	96
9	Accesorios de arenadora	97
10	Carbonato de calcio tipo B-1	97
11	Equipo de protección de rostro para arenadora	98
12	Preparado de cabina para arenado para pintar	98
13	Huecos para guantes de carnaza en cabina de arenado	99
14	Adaptación de guantes de carnaza para cabina de arenado	99
15	Exposición de chorro de arena contra masilla	100

RESUMEN

Desde hace años atrás, los procesos de limpieza de partes automotrices de manera general, ya sea en talleres o en unidades educativas superiores eran muy limitados en realizarse de las maneras tradicionales de limpieza, las cuales tienen una alta eficiencia y con costos muy bajos, pero las medidas de seguridad no son respetadas en su totalidad, es decir, no usan equipos de protección como guantes o gafas de seguridad, que al no ser utilizados pueden llegar a ser perjudiciales para la salud de las personas. La implementación de una máquina de limpieza por arenado tiene como finalidad incentivar a las personas y que ellas mismas realicen el diseño, construcción y uso adecuado de este tipo de máquinas en talleres de la ciudad de Ibarra y en unidades educativas superiores, conociendo sus grandes ventajas y el alcance de una limpieza más profesional, además de adecuar su correcto uso con las medidas de protección apropiadas. Una máquina arenadora promoverá a acabados de limpieza de una manera impecable, más estéticos y profesionales proporcionando una superficie limpia para cualquier tipo de uso, ya sea de pintura o de restauración, la máquina de limpieza, al ser a altas presiones, tiene la capacidad de llegar hacia superficies que son muy pequeñas, las cuales son difíciles de alcanzar para una fuerte limpieza, sin dañar la superficie que se vaya a realizar este proceso. El presente proyecto está enfocado en un diseño y fabricación de una arenadora que será considerada de manera artesanal, la cual iniciará con un prototipo diseñado en un software de diseño en 3D SolidWorks, el cual pasará por una serie de cambios que serán adecuados a un prototipo final, el cual se llevará a cabo su construcción en un taller industrial especializado en la construcción de cilindros de alta presión y tanques multiuso. El proceso se llevará a cabo desde cero, con planchas de acero A36 de 3.5mm de espesor y elementos de construcción de alta calidad para que, de esta manera, el usuario de la máquina trabaje de manera segura en todo el proceso de limpieza por arenado, entregando finalmente una máquina de limpieza que cumpla todas las funcionalidades de una máquina de limpieza por arenado existente en el mercado.

Palabras clave: Máquina arenadora, procesos de limpieza, maneras tradicionales de limpieza, adecuar su uso correcto, medidas de protección, artesanal.

ABSTRACT

For years now, the cleaning processes of automotive parts in general, whether in workshops or higher education institutions, they were very limited in being carried out in traditional cleaning methods, which are highly efficient and low-cost but lack full compliance with safety measures. This means that they do not use protective equipment such as gloves or safety goggles, which can be harmful to people's health if not used. The implementation of a sandblasting cleaning machine aims to encourage individuals to design, build, and properly use this type of machine in workshops in the city of Ibarra and higher education institutions, while being aware of its significant advantages and the scope of a more professional cleaning process. Additionally, it aims to ensure its proper use with appropriate protective measures. A sandblasting machine will promote impeccable, more aesthetic, and professional cleaning finishes, providing a clean surface for any type of application, whether it be painting or restoration. The high-pressure cleaning machine has the capability to reach small surfaces that are difficult to access for thorough cleaning without damaging the surface being cleaned. This project focuses on the design and manufacturing of a sandblasting machine that will be considered artisanal. It will start with a prototype designed in 3D design software SolidWorks, which will undergo a series of modifications to reach a final prototype. The construction of the final prototype will take place in a specialized industrial workshop that constructs high-pressure cylinders and multi-purpose tanks. The entire process will be carried out from scratch, using 3.5mm thick A36 steel sheets and high-quality construction elements to ensure the user of the machine can work safely throughout the sandblasting cleaning process. The result will be a cleaning machine that fulfills all the functionalities of an existing sandblasting cleaning machine available in the market.

INTRODUCCIÓN

En el siguiente proyecto se muestra una serie de pasos para el diseño y fabricación de una máquina de limpieza por arenado para partes automotrices, incentivando a los lectores a conocer este método de limpieza de superficies ya que es muy versátil e innovador en nuestro medio, demostrando que sus usos son muy diversos en el campo automotriz, por lo cual es un método muy importante de limpieza para obtener resultados óptimos en su aplicación.

Para el cumplimiento del objetivo se realiza un prototipo de una máquina de limpieza por arenado para partes automotrices en SolidWorks, basándose en un modelo de escala industrial, reduciendo su tamaño y rediseñando la disposición de los accesorios innecesarios para un uso dimensionado a un menor tamaño de trabajo. La construcción de la máquina se realiza desde cero, siguiendo una serie de pasos en un taller industrial de la ciudad de Quito, en donde con el uso adecuado de maquinaria especializada como roladoras y prensas industriales, se llega a construir de una manera correcta y asesorada para finalmente realizar todo tipo de pruebas con diferente material abrasivo para el desarrollo de limpieza de partes automotrices.

El desarrollo del proyecto demuestra ser más accesible por su economía al fabricar la máquina con materiales disponibles en nuestro entorno que comprar e importar, además evitando así un gasto innecesario obteniendo una máquina con similares prestaciones a las de fabricaciones industriales. En cuanto al material abrasivo, se adecuará uno que asegure el uso progresivo de la máquina, es decir, que haya en nuestro medio un material abrasivo a disposición, ya que la granalla para limpieza por sandblasting hay en mayor cantidad en la ciudad de Riobamba, por lo que se adecúa un material abrasivo existente en nuestro medio con características similares a la granalla mineral, con un menor costo, que no sea peligroso para la salud, con acabados similares y accesible en toda la ciudad de Ibarra.

CAPÍTULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 TEMA

Construcción de una máquina de limpieza por arenado para partes automotrices

1.2 ANTECEDENTES

A medida que la economía global se recupera después de los acontecimientos de la pandemia, el desarrollo de 2021 de las máquinas de chorro de arena portátiles tuvo un cambio significativo con respecto al año pasado. Estudios afirman un aumento de mercado mundial de máquinas portátiles de chorro de arena, resguardado por una fuerte suma de millones de dólares (Andrew Francis, 2022).

La industria metalmecánica ecuatoriana participó en grandes proyectos, al ser clave para las actividades económicas, los productos, máquinas y herramientas semiautomáticas, entre ellas estaban máquinas de suelda, corte, bombeo y pintura con sandblasting, lo que indica que, a nivel de grandes proyectos, personas conocen y usan este tipo de máquinas. (Medrano, 2022)

El uso de cualquier herramienta o máquina que desprenda desechos volátiles son perjudiciales a la salud. Uno de los materiales abrasivos en las maquinas limpiadoras por chorro de arena es el polvo de sílice cristalina que está clasificado por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) como A2: Carcinógenos con sospecha de serlo en el humano, es decir que indica que existe una posibilidad de causar cáncer. (Muñoz, 2016)

Para evitar el riesgo de contraer enfermedades profesionales con el uso excesivo de una maquina arenadora, estudiantes y empresas han propuesto el uso de una cabina de limpieza por arenado, mediante la cual cierra un área para que se pueda limpiar una pieza pequeña, de esta manera el usuario tiene la ventaja de no inhalar material abrasivo volátil además de poder reutilizar el material abrasivo.

1.3 SITUACIÓN ACTUAL

La Universidad Técnica del Norte orienta la formación de futuros profesionales en todas las carreras, aportando con la superación personal de cada persona que sin duda mejoran el desarrollo del país. Hoy en día los estudiantes de la Universidad Técnica del Norte, así como los talleres automotrices, industriales y de colisiones no acogen como una opción el uso de una máquina de limpieza por chorro de arena, siendo esta una excelente opción para un acabado de superficies totalmente limpios, prestando así a cualquier taller un servicio más, el cual beneficiará económicamente el uso de un tipo de máquinas como lo es la arenadora.

El tema del Trabajo de Grado está realizado con el fin de diseñar, construir y exponer las capacidades de la máquina arenadora en nuestro medio e inspirar a personas diseñen y construyan esta máquina para prestar el servicio de limpieza por chorro de arena, las cuales ya existen en la provincia de Pichincha y Guayas, siendo empresas dedicadas solo a este tipo de trabajo.

1.3.1 Mercado mundial de máquinas de chorro de arena

La variedad de las máquinas arenadoras portátiles, tienen distintos rangos y capacidades disponibles entre 40 litros a 140. Las máquinas de chorro de arena portátiles son más eficientes al realizar todo tipo de limpieza por chorro seco en aplicaciones automotrices. La máquina arenadora suele ser empleada en trabajos pesados y aplicaciones de gama alta, como chasis de automóviles, limpieza de equipos agrícolas, cañerías y canales entre otros (persistencemarketresearch, 2022).

Al momento de aplicar las diferentes técnicas de limpieza con chorro de arena, se realizan tanto en interiores como una cámara cerrada, como también en exteriores, es decir al aire libre, todo esto sin provocar ningún efecto perjudicial.

La mayor existencia del mercado de las máquinas arenadoras, incluyen a grandes regiones como América del Norte, América Latina, Europa y Asia-Pacífico. Asia-Pacífico domina el mercado de máquinas arenadoras.

En los próximos años se espera que haya un incremento de industrias en países en desarrollo como India con la ayuda de China ya que es uno de los principales países que comprenden este mercado.

Aunque el precio de venta promedio es bajo, la demanda es considerablemente alta.

Europa es la región que tiene la aportación más alta de mercado, sobresaliente en términos de valor y volumen seguida por América del Norte, que tiene la participación de mercado más significativa en el futuro cercano, seguida finalmente por América Latina (persistencemarketresearch, 2022).

1.4 PROSPECTIVA

Presentar una mejora amigable en cuanto se refiere a limpieza de autopartes automotrices por medio de una máquina de limpieza por arenado, facilitando a los usuarios este tipo de procesos los cuales serán de gran ayuda en una estación de limpieza en talleres automotrices.

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día los métodos de limpieza en autopartes automotrices, superficies y carrocería de vehículos que hayan sido afectadas por la corrosión u oxidación en nuestro entorno no son solucionados con una arenadora, considerando que es una excelente opción al momento de realizar limpiezas de este tipo.

El desconocimiento en general de esta herramienta como sus capacidades, usos y aplicaciones específicas en talleres automotrices en la ciudad de Ibarra es la principal causa de su uso ya que la implementación de esta herramienta de limpieza no es considerada novedosa en otras ciudades, ya que ha sido implementada años atrás, además de ser considerada un servicio adicional hacia el cliente, los ingresos para los talleres que pudiesen dar este servicio se verían beneficiados, así como también ofreciendo al cliente unos acabados de primera en entrega de trabajos y piezas limpias.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir una máquina de limpieza por arenado para autopartes automotrices, que permita un trabajo eficiente y de buena calidad, así como también la correcta selección de un material abrasivo que no sea dañino para las personas ni para el medio ambiente.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la máquina de limpieza por arenado portátil para partes automotrices.
- Construir la máquina de limpieza por arenado portátil para partes automotrices.
- Exponer pruebas con evidencia fotográfica el trabajo realizado por la máquina construida.

1.7 ALCANCE

Este trabajo de diseño y construcción de una máquina arenadora, busca mejorar los procesos de limpieza pertinentes, enfocados en óxido, manchas de pintura, acumulaciones de tierra producidas por fluidos, entre otras piezas las cuales no sean sensibles ante aplicación de la máquina, optimizando costos y acabados convencionales en procesos típicos usados hoy en día, además, que nuestra máquina de limpieza sea competitiva en comparación a marcas homologadas existentes en el mercado, es decir, máquinas de tamaño pequeñas y eficientes a su vez, para finalmente exponer un uso correcto mediante una guía práctica que explicaría las preguntas frecuentes como: ¿Qué piezas o superficies puedo limpiar con la máquina?, ¿Cómo y cuándo utilizar la máquina de limpieza por arenado? De una manera resumida y directa para el usuario.

1.8 JUSTIFICACIÓN

“La generación e implementación de un modelo económico circular busca el aprovechamiento sostenible y equitativo de los recursos, marcando un nuevo desafío en la “reducción, reutilización y el reciclaje”. La productividad y las prácticas amigables con la naturaleza requieren incentivar la innovación para la creación de nuevas tecnologías que optimicen su recuperación con métodos de producción eficientes, reduciendo los efectos del cambio climático”

(Planificación, 2021)

El diseño y construcción de una máquina de limpieza por arenado para partes automotrices permitirá una considerable facilidad a los técnicos al remover principalmente oxidación o corrosión, pintura, y otros tipos de suciedad e impurezas en las superficies en partes automotrices.

En un taller de mantenimiento automotriz, la limpieza de los materiales y preparación de áreas metálicas será optimizada con el fin de incluir un servicio extra y aumentar los beneficios y servicios que tiene el cliente al momento de reparar un vehículo.

Al momento de emplear una máquina de limpieza por arenado para partes automotrices, se agilizará los procesos nombrados con anterioridad, realizándolos de una manera fácil y rápida para los usuarios, este proyecto brindará las correctas indicaciones generalizadas, con la capacidad de ser clara y concisa, ideal para personas que desconocen de todos los beneficios y usos de estas máquinas al momento de trabajar.

1.9 CONTEXTO

El plan de mejora para optimizar el proceso de arenado de embarcaciones tuvo como objetivo en Perú, Universidad Ricardo Palma el mejorar el proceso de limpieza por arenado para el mantenimiento de embarcaciones de todo tipo, obteniendo una reducción de los defectos de la materia, rechazo de calidad y menos accidentes durante el proceso de arenado (Bach. CHIRINOS CUBILLAS, 2019).

Por el posgrado CIATEQ permitió el reconocimiento mediante su estudio de influencia en los parámetros de Sandblast sobre la corrosión sin desgastar de manera importante el material (ING. EDGAR SARABIA LUGO, 2017).

El diseño y simulación de una cabina de sandblasting para limpieza superficial con sistema de recirculación de granalla para válvulas tipo compuerta de 4" de diámetro de la universidad Politécnica Salesiana dio a conocer sobre el comportamiento del oxido en materiales expuestos al mar, y la mejora al utilizar el sistema Sandblasting (ALFONSO NICOLÁS ESPINOSA TERÁN, 2015).

1.10 ARENADORA O SANDBLASTER

1.10.1 Historia:

En 1870 en Inglaterra Reino Unido, Benjamín C. invento la primera máquina para sopleteo de chorro de abrasivos en Estados Unidos y se registró con número 2147, la cual ha sido transformada con el paso de los tiempos para cumplir con diferentes objetivos y necesidades de los usuarios, este invento con el paso de los años ha sido modificado, pero siempre ha tenido su principio en el funcionamiento y objetivos (Jaramillo & Ramiro, 2013).

Para su funcionalidad se cataloga en base de las necesidades de los usuarios; Existen dos tipos que se diferencian por el volumen de trabajo y desempeño del equipo: trabajo por succión y presión del sistema de granallado.



Figura 1.1 Primera máquina arenadora en 1870

(Reinar, 2016)

1.10.2 Definición:

Sandblast proviene de “sand” que significa arena y “blast” que significa presión, lo cual se relaciona con la técnica de “arena a presión” o “chorro de arena”, cabe mencionar que este proceso depende principalmente de arena, puede ser empleada mediante otros abrasivos a presión dependiendo del uso y de los acabados que el usuario requiera (Reinar, 2022).

Este sistema se basa en limpieza de una superficie mediante un abrasivo granulado y expulsado por aire comprimido mediante una boquilla. Sandblast es utilizada para remover oxido, escama de laminación y ayuda en la preparación de superficies para luego aplicar un recubrimiento, ya sea de preparación o de pintura o recubrimientos. Considerando que los metales tienden a oxidarse, con la limpieza de una arenadora, la superficie no tiene desgaste (Wang et al., 2013).

Sandblast es un término general que se usa para describir el acto de chorrear piezas de material abrasivo muy fino a alta velocidad usando aire comprimido o agua a presión para eliminar o desalojar los contaminantes de una superficie (Muñoz, 2016).



Figura 1.2 Limpieza con máquina arenadora
(Construequipos, 2011)

1.11 Tipos de arenadoras

Dependiendo del flujo de aire, disposición de elementos de construcción y uso de las máquinas, encontramos 4 tipos principales.

1.11.1 Pistola de arena

La pistola de arena es la más pequeña encargada de realizar limpieza con material abrasivo, su alimentación es por gravedad en un envase ubicado en la parte superior, necesariamente debe ser alimentada por un compresor el cual trabajará en conjunto para realizar trabajos pequeños.



Figura 1.3 Pistola de arena por caída

(AliExpress, 2023)

1.11.2 Arenadora a depresión

La arenadora a depresión es de dimensión pequeña y a flujo de aire bajo, alrededor de 250 l/min, es ideal para trabajos pequeños al aire libre, la cual debe ser conectada con un compresor de aire para trabajar en conjunto.

El material abrasivo dependerá del trabajo que vaya a realizar la arenadora a depresión el cual se aspira por efecto Venturi al activar la pistola de arena y se dispara el material abrasivo sobre la superficie que se vaya a limpiar.



Figura 1.4 Arenadora a depresión

(ManoMano, 2023)

1.11.3 Arenadora a presión

La arenadora a presión o chorreadora de arena es el modelo más eficiente y seleccionado por profesionales, su funcionamiento es distinto en comparativa la arenadora a depresión ya que el material abrasivo está contenido en un tanque a presión totalmente sellado. La presión y el flujo de material abrasivo son regulados mediante válvulas de bola. La arenadora a presión requiere un alto flujo de aire mínimo de 3000 l/min para trabajar correctamente.



Figura 1.5 Arenadora a presión

(ManoMano, 2023)

1.11.4 Cabina de arenado

La cabina de arenado a diferencia de las anteriores es ideal para realizar trabajos pequeños y medianos en interiores, tiene algunas ventajas significativas con respecto a la limpieza por arenado en el aire libre, ya que se tiene un ambiente controlado sin la disipación del material abrasivo y residuos volátiles resultados de la limpieza. Una de las ventajas de la cabina de armado es que el material abrasivo puede ser recolectado una vez se termina la limpieza ya que en la mayoría de los casos cuentan con un aspirador.



Figura 1.6 Cabina de arenado

(ManoMano, 2023)

1.12 Principio de funcionamiento

La limpieza de superficies con el uso de una arenadora puede ser considerado como un fuerte lanzamiento de un sin número de pequeñas partes de material abrasivo a una alta velocidad.

Antes del choque, el material abrasivo está cargado de energía cinética que varía de su masa y velocidad y al momento de impactar con la superficie sufren una violenta desaceleración, transformando la energía cinética en: calor, deformación, trabajo de limpieza y energía cinética producida por el rebote de partículas.

[1.1]

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

E_c = Energía Cinética

m = Masa de la Partícula

v = Velocidad de la partícula

La forma de las partículas del material abrasivo al ser esféricas será representada por la siguiente formula:

[1.2]

$$m = \frac{\rho \cdot (4 \cdot \pi \cdot r^3)}{3}$$

m = Masa de la Partícula

r = Radio de la Partícula

ρ = Densidad del fluido

Por lo tanto, tenemos:

[1.3]

$$E_c = \rho \cdot \left(\frac{2}{3}\right) \cdot \pi \cdot r^3 \cdot v^2$$

Las ecuaciones presentadas muestran los cambios significativos posibles con ligeros cambios en cantidades y tamaños de las partículas.

La eficiencia al momento de la limpieza dependerá de factores principales como el ángulo de incidencia del chorro, el tipo de material abrasivo y el tipo de impureza a remover. Mientras más perpendicular sea aplicado el chorro de arena a relación de la superficie, mayor será el componente de energía disponible para el desprendimiento de impurezas, obteniendo un acabado superficial más áspero.

1.13 Tipos de material abrasivos

Las máquinas de limpieza por arenado o Sandblaster son máquinas de uso múltiple, es decir que dependiendo de las partículas abrasivas las cuales se vayan a usar, el tipo de acabado será distinto. Las arenadoras en general, trabajan imparcialmente con cualquier tipo de abrasivo. Los materiales abrasivos pueden ser manipulados sin ninguna restricción, sin embargo, siempre será necesario el uso de equipos de protección personal de acuerdo con las normas y regulaciones de seguridad y ambientales, con el fin de evitar a futuro problemas a la salud.

1.13.1 Arena de sílice

La arena de sílice es el material abrasivo natural con la disponibilidad más amplia con muy bajo costo. Este tipo de arena lo podemos encontrar en orillas de ríos, canteras, etc. Considerando que, para ser utilizada, necesariamente debe ser tamizada y secada. La arena de sílice solo puede ser utilizada una sola vez, ya que luego del impacto con la superficie se transformará en polvo, pero por motivos de seguridad, es el material menos aconsejable al momento de utilizar en procesos de limpieza por arenado, ya que la sílice libre puede causar silicosis, una enfermedad respiratoria altamente grave.



Figura 1.7 Arena de sílice blanca
(Ecuagrass, 2021)

1.13.2 Granalla de acero

La granalla de acero es el material abrasivo que se obtiene por proceso de fusión con estructuras químicas como carbono, manganeso, azufre, silicio y fósforo, se obtiene partículas redondas que se denominan como “granallas de acero esféricas”.

Este tipo de material abrasivo es altamente reciclable, se puede usar entre 1000 a 5000 veces dependiendo de la superficie a limpiar. La mejor opción para la salud es el uso de la granalla de acero ya que no desprende residuos volátiles de la misma, los residuos volátiles serían del resultado de los materiales removidos de la superficie a limpiar.

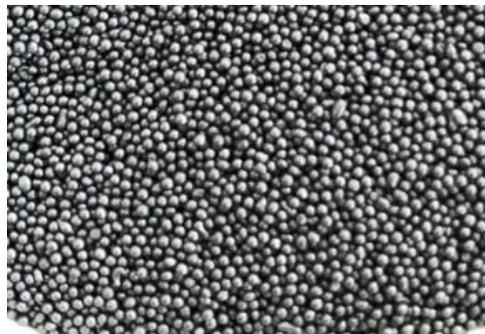


Figura 1.8 Granalla de acero esférica
(EgmTrader, 2021)

1.13.3 Granalla Mineral

La Granalla Mineral es el material abrasivo más usado en nuestro medio ya que es más amigable con la salud de los usuarios por no tener elementos nocivos, la granalla mineral está disponible en distintos grosores que varían entre 0.5mm a 2mm.



Figura 1.9 Granalla mineral
(Minabradec, 2002)

1.13.4 Bicarbonato de sodio

El bicarbonato de sodio es un mineral que pertenece al grupo de carbonatos, dureza (Mohs) 2.5, densidad 2.14g/cm³ además es un compuesto sólido cristalino de color blanco. Las propiedades químicas y físicas del bicarbonato de sodio son de múltiples usos domésticos y aplicaciones industriales (Chávez, 2020).



Figura 1.10 Bicarbonato de sodio
(Chávez, 2020)

1.14 Requerimientos de seguridad previos al trabajo con sandblasting

1.14.1 Capacitación e información correspondiente.

Las personas deben ser capacitados en los riesgos que pueden ocasionar al momento de exponerse al proceso de sandblasting el no utilizar la debida protección tanto auditiva, visual y respiratoria.

1.14.2 Detalles específicos del procedimiento.

- Los trabajadores deben recibir entrenamiento y la basta información de los riesgos a la salud y riesgos tanto auditiva como respiratoria.
- Los trabajadores del alrededor del operador de sandblasting deberán precautelar equipamiento respiratorio aun para hacer limpieza del área, considerando la alta dispersión de polvo.

1.14.3 Requisitos de seguridad para trabajos de sandblasting.

- Reconocer los riesgos a la salud al no utilizar protección respiratoria y auditiva.
- Se debe cubrir el suelo de área de trabajo con materiales que faciliten la limpieza y minimice la contaminación.

- Los trabajadores después de su jornada laboral deberán de tomar una ducha con agua y jabón.

1.14.4 Equipos de protección personal.

- Ropa de tela de algodón.



Figura 1.11 Camisas de trabajo de algodón 100%
(Uniforma, 2023)

- Zapatos de seguridad.



Figura 1.12 Zapatos de seguridad industrial con punta de acero
(Mto, 2023)

- Guantes de carnaza.



Figura 1.13 Guantes de carnaza largos
(Velavi, 2023)

- Protección respiratoria (Mascarillas desechable con filtro N100)



Figura 1.14 Mascarilla N100 4700N100
(MedicalExpo, 2023)

- Lentes de seguridad.



Figura 1.15 Lentes de Seguridad 3M SecureFit Serie 500
(3M, 2023)

CAPÍTULO 2

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Las características de las herramientas y materiales incluidos en el procedimiento de desarrollo para la construcción de la máquina de limpieza por arenado son detalladas con mayor precisión a continuación, destacando su funcionamiento y el uso individual de cada uno de ellos, además se encontrará algunas tablas referentes a las resistencias y las tolerancias de materiales principales incorporados a la máquina.

2.1 MATERIALES DE LA MÁQUINA DE LIMPIEZA POR ARENADO

2.1.1 Acero ASTM A36

El principal material a utilizar para la construcción de la estructura contenedora de alta presión es el acero A36, ya que se logra encontrar con mayor facilidad en nuestro medio por alta comercialización y fácil adquisición en la mayoría de las empresas que se dedican a vender este tipo de materiales en nuestro mercado.

En la siguiente figura se destaca las propiedades principales del acero A36 el cual fue incluido en toda la estructura principal de la máquina de limpieza por arenado para partes automotrices gracias a su límite de fluencia y su resistencia última a la tracción MPA.

Acero estructural ASTM A36	
Limite a la fluencia MPA	250
Resistencia última a la tracción MPA	400
Modulo de Young en GPA	200
Densidad kg/m ²	7850
Punto de fusión C	1538

Figura 2.1 Propiedades de Acero Estructural ASTM A36
(Adelca, 2022)

2.1.2 Válvulas de bola de 1½" y ½".

Es un mecanismo de llave de paso que servirá para regular el flujo o gas, se caracteriza por su mecanismo en su interior en forma de esfera perforada.

El mecanismo funciona mediante un giro del eje unido a la esfera perforada permitiendo así el paso del fluido o gas, siempre y cuando esta se encuentre alineado la perforación con la entrada y la salida de la válvula.

Características
1. Válvula esfera paso total 2 piezas.
2. Extremos roscados según ISO 7-1 (EN 10226-1).
3. Construcción en acero inoxidable 1.4408 (CF8M)
4. Asientos PTFE + 15 % F.V.
5. Vástago inexpulsable.
6. Tórica en el eje de FKM (Viton).
7. Juntas del eje PTFE .
8. Sistema de bloqueo.
9. Presión de trabajo máxima 63 bar.
10. Temperatura de trabajo -25 °C + 180 °C.

Figura 2.2 Características de válvulas de bola
(Genebre, 2017)

Dimensiones generales:

Ref	Medida / Size	PN	Dimensiones / Dimensions (mm)				Peso / Weight (Kg)
			P	A	L	M	
2014 02	1/4"	63	11	50	50	104	0,207
2014 03	3/8"	63	12.7	50	50	104	0,195
2014 04	1/2"	63	15	51.5	55	104	0,237
2014 05	3/4"	63	20	62	70	122	0,442
2014 06	1"	63	25	65	83	122	0,606
2014 07	1 ¼"	63	32	82	91	180	1,084
2014 08	1 ½"	63	40	88	103	180	1,544
2014 09	2"	63	50	106	120	219	2,648
2014 10	2 ½"	63	62	119	152	230	4,707
2014 11	3"	63	76	135	172	275	7,288

Figura 2.3 Dimensiones generales de válvulas de bola
(Genebre, 2017)

2.1.3 Válvula de seguridad calibrada

La válvula de seguridad es empujada para el alivio de presión; Varias normas como API RP 540 Y ANSI B-95. 1.1977 la cuales presentan una terminología en la cual se encuentran unas diferencias proporcionales al aumento de presión.

La válvula de acción directa son válvulas cargadas axialmente a una presión prefijada, normalmente alcanzan su capacidad de descarga de una sobrepresión de gases y vapores y de 10 al 25 % para líquidos.

Terminología:

Para comprender el trabajo que ocurre en las válvulas se puede encontrar varias terminologías como:

Presión de diseño: Es la presión máxima de trabajo de diseño el cual permitirá los cálculos de la resistencia de las partes a presión del aparato.

Presión de consigna: Es la presión que esta predeterminada para que empiece a ascender la válvula de seguridad.

Presión de alivio: Es la presión de tratado más la sobrepresión.

Presión de trabajo: Es la presión normal de trabajo del sistema, la válvula deberá cumplir con las disposiciones de calidad en la Norma UNE- 9-100-86 (Insst, 1999)

2.1.4 Ruedas para diversas cargas.

Ruedas de manutención:

Son usados para traslado de cargas ligeras y medianas, ya que permite un desplazamiento silencioso y dará una protección al suelo y equipo gracias al material de las ruedas en su parte externa de poliuretano.

Particularidades:

- Bandeja de espuma de poliuretano, montado en un disco metálico.
- La superficie de rodadura presenta un acabado V76.
- Normalmente se monta en un eje de acero con diámetro de 20mm.

Código	Referencia	 A	 B	 C	 E	Tipo de cojinete	 Kg	Montar sobre eje ø
10-87/15	260 EPIB3	260	72	60	20,0	••	100	20

Figura 2.4 Características de ruedas de manutención
(Sitasa, 2022)

La particularidad de este tipo de ruedas se comprime mucho a partir de los 80kg por rueda, dificultado su tracción por lo cual se ha desarrollado diferentes rangos de seguridad.

2.1.5 Mangueras

Su aplicación se utiliza para mover aire y los materiales abrasivos. La manguera es principalmente de goma o hules especiales, tiene una vida útil de 4 años y debe ser revisada constantemente para evitar fugas de aire, está cubierta con 2-4 capas de hilo de poliéster, lo que lo hace más resistente a la abrasión, además a continuación se destacara características principales de mangueras utilizadas para el transporte principal de material abrasivo como la granalla.

Características de mangueras

- **Presión de Trabajo:** 20 BAR – 300PSI
- **Tubo interno:** SBR/NR
- **Refuerzo:** Hilos sintéticos elásticos
- **Cubierta:** EPDM/SBR
- **Temperatura:** -30°C a + 80°C

2.1.6 Boquillas

Este instrumento minimiza el área de salida para incrementar la presión y eficiencia la cual dependerá del equipo y su requerimiento.

Se caracterizará por su material y su forma de elaboración, y puede tender a un diámetro de (1-1/4 “) aumentado la producción a un 15% superior a los dispositivos con boquillas más angostas.

2.1.7 Acople de Aluminio B1

Este implemento se recomienda para usar en los acoplados de descarga en la conexión del sistema hidráulico.

Características de acoplamientos rápidos:

- Fáciles de cerrar. Una mínima presión en los extremos permite que el adaptador y el conector se unan sin dificultad.

- Consta de juntas de alta calidad y puede existir de diferentes materiales.
- Pasadores de gran resistencia.

Bronce, Ac. Inoxidable y Aluminio - Presión Máxima de Trabajo						
Medidas	1/2"	3/4" - 2"	2 1/2"	3"	4"	5" y 6"
PSI / BAR	150 / 10	250 / 17	150 / 10	125 / 9	100 / 7	75 / 5

Polipropileno - Presión Máxima de Trabajo			
Medidas	1/2" - 1"	1 1/4" - 2"	3" - 4"
PSI / BAR	125 / 9	100 / 7	75 / 5

Figura 2.5 Presión máxima de trabajo de acoples de aluminio
(Poheraj, 2022)

Los acoples OPW son construidos de bronce, aluminio y acero inoxidable, su junta soporta temperaturas de trabajo hasta 180°C, pero al alcanzar estas temperaturas la presión de operación de los OPW se va a reducir al 50%; la temperatura de OPW de polipropileno, la temperatura normal de trabajo es de 25°C, de trabajo es la temperatura máxima de 95°C reduciendo la presión de la tabla al 50%.

2.1.8 Medidor de presión

Este manómetro utilizado para medición de la presión absoluta se encarga de medir la presión independiente a las fluctuaciones de la presión atmosférica.

Se ha optado por incluir dos medidores de presión los cuales darán información específica del ingreso del aire además de la presión específica del interior del sistema para garantizar el trabajo y seguridad del usuario.

Están fabricados de materiales completamente de acero inoxidable y son adecuados para medios líquidos, gaseosos, etc.

Además, este instrumento presenta un método de seguridad de sobrecargas de al menos de 1 barde presión absoluta. Dependiendo del instrumento o versión, la seguridad de sobrecarga puede ser de hasta 20 veces el valor de la escala completa y para aplicaciones donde pueda ocurrir vibraciones se puede usar manómetros absolutos con liquido de relleno.

Información básica	
Estándar	
Manómetros indicadores de presión absoluta con elementos de membrana y elementos de cápsula	DIN 16002
→ Para información sobre la "Selección, instalación, manejo y funcionamiento de los manómetros", véase la hoja técnica IN 00.05.	
Diámetro nominal (NS)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ø 100 mm [4"] ■ Ø 160 mm [6"]
Mirilla	Cristal de seguridad laminado
Caja	
Versión, modelo 532.52, 532.53, 532.54, 533.52, 533.53, 533.54, 562.54, 563.54	Nivel de seguridad "S1" según EN 837-1: con dispositivo de expulsión
Versión, modelo 532.32, 532.33, 532.34, 533.32, 533.33, 533.34, 562.34, 563.34	Nivel de seguridad "S3" según EN 837-1: con pared divisoria a prueba de roturas y pared trasera deflectora
Material	<ul style="list-style-type: none"> ■ Acero inoxidable 1.4301 (304) ■ Acero inoxidable 1.4571 (316 Ti)
Anillo	Aro bayoneta, acero inoxidable
Montaje	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sin ■ Aro para montaje en panel, acero inoxidable
Relleno de la caja	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sin ■ Mezcla de agua y glicerina ²⁾ ■ Aceite de silicona M50 ²⁾
Instrumentos con líquido de relleno y válvula de compensación para ventilar y resellar la caja.	
Mecanismo	Acero inoxidable

Figura 2.6 Información de medidor de presión
(Wikaes, 2009)

2.1.9 Filtro regulador

Uso previsto de filtrado de humedad de líneas de aire en el circuito neumático. Para garantizar que el aire que llega al cilindro de la máquina de limpieza por arenado llegue lo más seco posible y así evitar compactarse el material abrasivo y no lograr fluir por los conductos (Corporation, 2019).

El filtro AW40- A además de filtrar la humedad del sistema de aire consta con un medidor de presión que ayudara en él trabajó del sistema informando la presión contante del compresor de aire y el contenedor de la máquina para garantizar un trabajó con mayor estabilidad.



Figura 2.7 Filtro regulador AW40-A
(RUBIX, 2022)

2.2 MATERIALES IMPLEMENTADOS PARA LA LIMPIEZA DE AUTOPARTES

2.2.1 Granalla Mineral

La Granalla Mineral es el material abrasivo más usado en nuestro medio ya que es más amigable con la salud de los usuarios por el hecho de no tener elementos nocivos, la granalla mineral está disponible en distintos grosores que varían entre 0.5mm a 2mm.

La Granalla Mineral se puede encontrar en diferentes tamaños y formas, dependiendo del tipo de trabajo que se esté realizando y del tipo de superficie que se esté limpiando. Algunos de los tipos más comunes de granalla mineral incluyen la granalla de cuarzo, la granalla de escoria y la granalla de vidrio.

Es importante tener en cuenta que el uso de granalla mineral para el arenado puede ser peligroso si no se toman las precauciones adecuadas. Las partículas de granalla pueden ser inhaladas y causar problemas respiratorios, por lo que se recomienda usar equipo de protección personal, como máscaras y gafas de seguridad, durante el proceso de arenado. Además, se debe tener cuidado al manipular y almacenar la granalla mineral para evitar lesiones y daños a la propiedad. (MINABRADEC, 2002)

2.2.2 Carbonato de calcio tipo B-1

El carbonato de calcio natural de alta pureza, el cual es usado principalmente para la elaboración de pinturas, revestimientos o detergentes, alimento para aves, tratamientos de suelos, así como en procesos industriales y farmacéuticos.

Este material de características ya mencionadas después de llegar de las minas de cal entra en un procedimiento de trituración, el cual, mediante algunos procesos de tamizado, se agrupará dependiendo su granulometría. Su pureza dependerá de la cantidad de cal en las partículas trituradas, para posteriormente dar los usos mas adecuados dependiendo de su pureza y su granulometría.

Características:

PROPIEDADES FÍSICAS	DATOS
Carbonato de Calcio (CaCO ₃) % m/m	97,87
Oxido de Silicio (SiO ₂) % m/m	0,04
Hierro (Fe) ppm	≤ 149,50
Aluminio (Al) ppm	≤ 0,10
Gravedad específica ASTM D 153	2,56 g/cm ³
Absorción de aceite ASTM D281	30 g/100
Residuos por ignición	≤ 0,24 %

Figura 2.8 Características de Carbonato de Calcio Tipo B-1
(Gruposur, 2018)

El carbonato de calcio tipo B-1 se utiliza como material abrasivo en una variedad de aplicaciones industriales, incluyendo la limpieza y el pulido de superficies metálicas y no metálicas. El carbonato de calcio es suave, lo que lo hace adecuado para la eliminación de capas superficiales suaves en superficies duras.

Como abrasivo, el carbonato de calcio tipo B-1 es una opción popular debido a su disponibilidad y costo relativamente bajo. A diferencia de abrasivos más duros como el óxido de aluminio o la granalla mineral, el carbonato de calcio no causa rayones ni daños en las superficies más suaves, lo que lo hace ideal para su uso en materiales sensibles.

Es importante tener en cuenta que el carbonato de calcio tipo B-1 no es adecuado para todas las aplicaciones abrasivas. Por ejemplo, si se requiere una eliminación más agresiva de la superficie, puede ser necesario utilizar un abrasivo más duro.

Además, el carbonato de calcio puede ser menos efectivo en la eliminación de contaminantes persistentes, como la pintura o el óxido, en comparación con otros abrasivos más duros.

Por lo tanto, es importante elegir el abrasivo adecuado en función de la aplicación específica.

2.3 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE CONSTRUCCIÓN

2.3.1 Equipos y maquinaria Industrial

- Roladora Industrial
- Suelda MIG
- Compresor de aire
- Rebordeadora
- Cortador de plasma
- Torno
- Prensa hidráulica
- Plantillas de prensa redondas
- Taladro
- Fresadora
- Gafas de seguridad
- Guantes de carnaza
- Mandil de carnaza

2.3.2 Herramientas

- Martillos
- Playo
- Playo de presión
- Llaves de pico
- Pinzas de sujeción
- Machuelos de roscar
- Lijas
- Brocas de diferente numeración
- Disco de corte
- Disco de pulido
- Mesa de trabajo

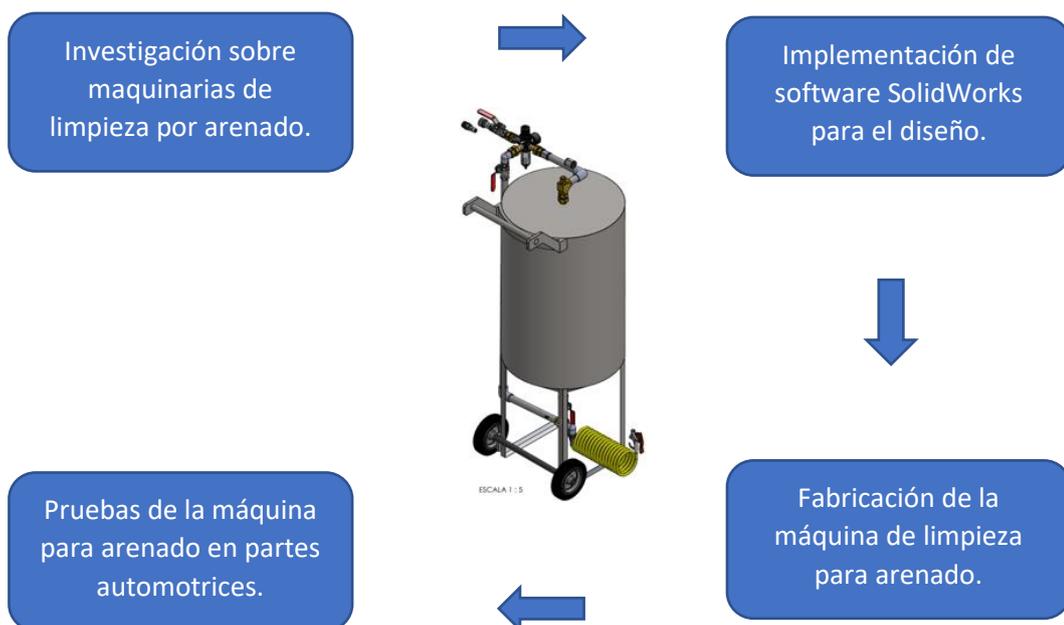
2.4 MÉTODOS

El método que se utilizó para la elaboración del proyecto de titulación fue mediante una exhaustiva investigación de máquinas de limpieza por arenado, materiales abrasivos empleados, características de instrumentos similares y así lograr encontrar y guiarnos en modelos de funcionamiento de estas y así plantear en el software SolidWorks programa que ayudara para el diseño y distribución de los accesorios, para una futura implementación mediante la fabricación de una máquina de limpieza por arenado.

Al momento de obtener una maquina funcional dará de información de las pruebas e informes obtenidos en relación con la máquina garantizando su correcto funcionamiento y beneficiando a los usuarios obteniendo piezas limpias sin oxido, pintura e impurezas para lograr ayudar en un futuro tratamiento para las nuevas capas de pintura o protección.

Además, se ha logrado incorporar una cabina de arenado para veneficio del usuario al momento de encontrarse con piezas pequeñas y así no desperdiciar el material en el aire o el exterior y lograr reutilizarlo más de una vez.

Diagrama de la metodología para construcción de una máquina de limpieza por arenado para partes automotrices:



2.4.1 Proceso de modelamiento en software SolidWorks

El programa utilizado SOLIDWORKS fue implementado para diseño de la máquina de limpieza por arenado para sintetizar la estructura final, pensando en la distribución de accesorios y materiales que serán requeridos para garantizar el funcionamiento de la máquina.

El proceso se destaca en la utilización de ciertos modelos encontrados de forma comercial, encontrando una disminución de costos al implementar métodos de fabricación artesanal.

El sistema de la maquina fue vasado en sistemas ya creados que ayudara en la canalización de tomas de aire y flujo de arena las cuales fue distribuido de tal manera que garantice el funcionamiento mediante concentración de aire en la tolva y empujar la arena hacia abajo y proporcionar el flujo constante mientras las llaves involucradas en el sistema de expulsión de arena estén abiertas y lograr hacer una limpieza eficiente de partes automotrices.

La estructura se realizará con un material de acero **ASTM A36** en su diseño y un grosor de 3 milímetros para mayor resistencia al trabajar con presión de aire y material abrasivo, su modelo basado en un cilindro de fácil movilidad con implementos necesarios para su utilización en su propia estructura principal garantizando el flujo de arena.

La implementación de los diferentes componentes en la estructura principal de la máquina de limpieza por arenado se basa en los modelos comerciales, adaptado ciertos implementos para la economía del usuario, pero garantizando un procedimiento correcto a la hora de implementación del sistema obteniendo resultados satisfactorios tomando en cuenta sin olvidar los implementos necesarios de seguridad para conocer respectivamente las presiones con las que se está trabajando y además si ocurre sobrepresiones se active la válvulas de seguridad.

2.4.2 Proceso de diseños en SolidWorks

Para realizar la máquina de limpieza por arenado se formó como estructura principal de un cilindro cónico de acero **ASTM A36** con una lámina de grosor de 3,5 milímetros para mayor resistencia a presiones de aire y al material abrasivo de la

arena que se utilizara como material principal para la limpieza de diferentes estructuras automotrices.

El cilindro fue diseñado para funcionar mediante la caída de la arena bajo la presión del sistema del contenedor. El sistema fue realizado para trabajar bajo 120psi y no sobrepasar los 150psi para garantizar la integridad del mismo contenedor, no obstante, el contenedor esta echo para resistir hasta 210psi.

Los implementos de seguridad incluyen medidores de presión para reconocimiento de cuanto está ingresando y el contenido de presión del contenedor, además de una válvula de seguridad que se activara si sobrepasa los 150psi.

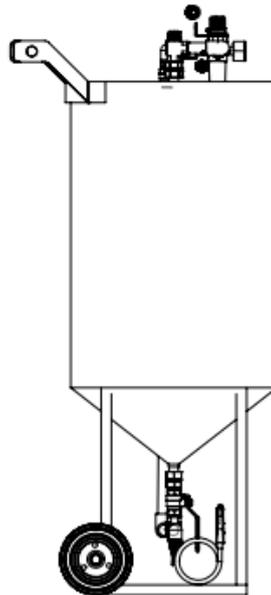


Figura 2.9 Prototipo en SolidWorks

El diseño fue estructurado mediante operaciones de cortes, extracción e implementación de partes. Para obtener un diseño totalmente estructurado con medidas específicas que garanticen la fácil movilidad de la máquina y conseguir un ejemplo de las medidas de los elementos de canalización, contenedor y estructura para la futura fabricación artesanal de la máquina de limpieza por arenado.

Cada parte de la máquina de arenado se realizó en el **software SolidWorks** desde su estructura principal hasta sus neumáticos que soportaran el peso del contenedor y sus accesorios para después tener una maquina completamente trasportable y fácil manipulación para el futuro operador con una gran eficiencia.

La colocación de los diferentes implementos principales que hacen a la máquina de arenado se basó en estructuras de maquinarias comerciales para un mayor efecto y rendimiento de la misma máquina.

La implementación de los diferentes componentes se especifica sus diferentes materiales de los cuales está compuesto y dar una resistencia satisfactoria para la utilización de material abrasivo que se implantara para utilizar en la limpieza.

El orden de implementación de los diferentes componentes en la maquina y su forma estructural ayudan a garantizar un trabajo satisfactorio por las presiones y métodos de trabajo de la máquina.

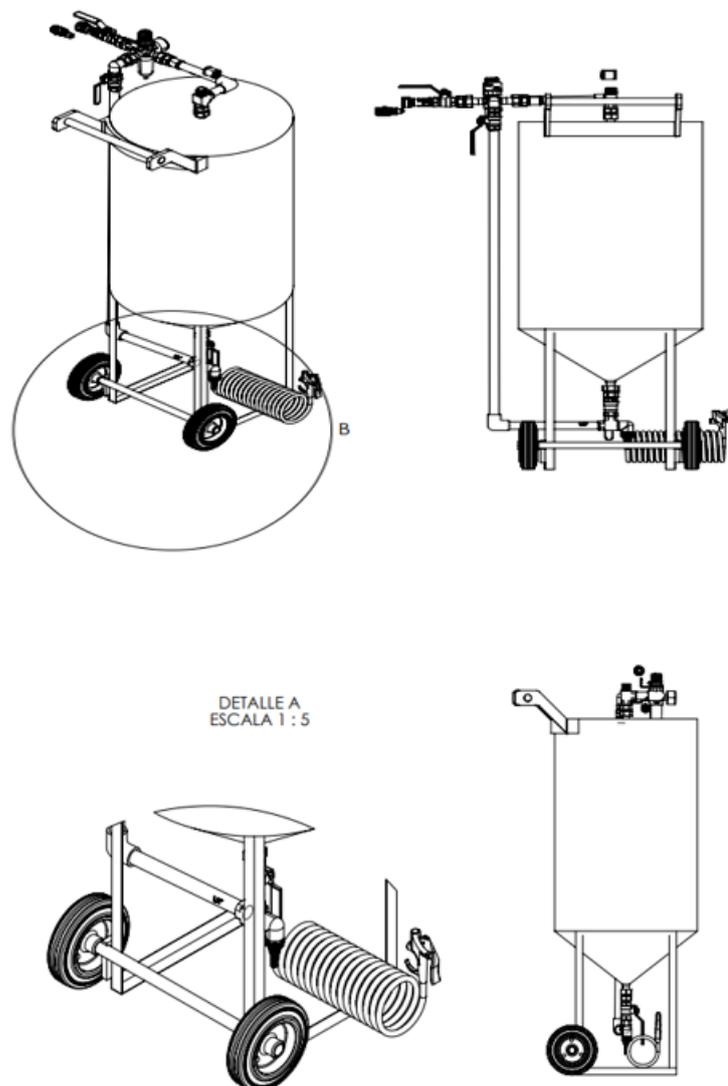


Figura 2.10 Vistas del prototipo de la máquina arenadora

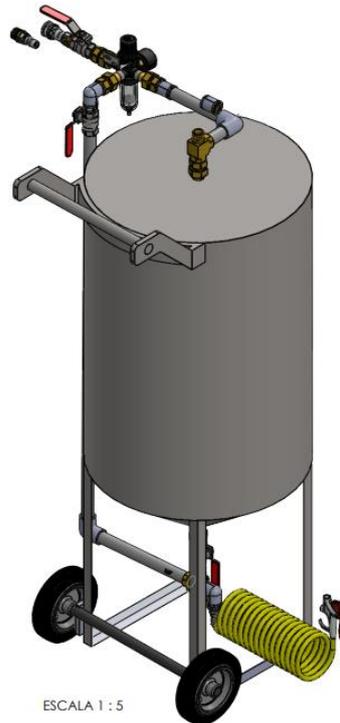


Figura 2.11 Prototipo de arenadora en SolidWorks

2.4.3 Proceso de manufactura de la máquina de limpieza por arenado.

En la fabricación de la máquina de limpieza por arenado se basó en la utilización de los diferentes tipos de materiales para su correcto ensamblaje: un acero específico como el **ASTM A36** de 3.5 milímetros, dos válvulas de ½” (válvula de bola), válvula de seguridad, medidor de presión, filtro regulador AW40- A de aluminio, una válvula de 1½ “, un acople rápido de aluminio, manguera de acucho 1”, boquilla de cerámica, boquilla de aluminio de salida, boquilla de acople, llantas de poliuretano.

Como primer paso luego de contar con la información necesaria de los implementos y materiales adecuados para la fabricación de la máquina de limpieza por arenado se procede en la adquisición de estos para el proceso de manufactura del proyecto de grado.

Para la fabricación de la estructura fue necesario el proceso mediante un cortador de plasma para realizar varios cortes de las láminas de acero para lograr construir la estructura principal cilíndrica, el cono que proporcionara una caída con mayor

pronunciación y recolección del mismo material y tapa pandeada donde se colocara el material de la máquina de limpieza por arenado.

Como estructura principal consta de tres partes primordiales que ayudaran en un mejor rendimiento de la máquina, el procedimiento de formación cónica y cilíndrica se procede con una maquina roladora en la figura 2.12 se puede demostrar el corte y el método de fabricación de una parte estructural el cual se utiliza como la caída por su forma cónica para impulsar una mejor recopilación del material abrasivo por su pronunciada caída.



Figura 2.12 Líneas guía para rolar soldar la tolva

En la figura 2.13 se demuestra la curvatura que se logró dar con una prensa de pandeo, la cual tiene distintos moldes para ajustar la profundidad del pandeo y la forma característica de los cilindros contenedores de alta presión que se utiliza para la parte superior de la estructura principal utilizada como tapa superior donde fortalecerá el cierre y ayudará a la unión por suelda de una manera más segura y eficiente desde el punto de vista estructural, además que al ser ensamblada “panza adentro” nos ayudará al momento de la implementación del material gracias a la curvatura pronunciada al interior facilitando al operador el no desperdiciar tanto material y una fácil colocación de este.



Figura 2.13 Prensa de pandeo para la tapa superior de la tolva

En la figura 2.14 se puede observar una máquina rebordeadora, que dará relieve para mejorar y fortalecer las uniones que soldará a continuación con la estructura principal tomando aproximaciones del método de seguridad ASME para una mejor resistencia a presiones de aire.

Este proceso se realizará en dos partes de la estructura, en la parte superior que se utilizará como tapa de la maquina y en la parte inferior cónica que dará paso de caída para el material abrasivo.

El proceso de rolado se dará de dos centímetros, dando paso a un mayor refuerzo al momento de conectar mediante soldadura con la estructura principal gracias a su conectividad directa de forma lineal.



Figura 2.14 Máquina rebordeadora en tapa de tolva

En la figura 2.15 se destaca el proceso MIG con alambre soldado 0.9mm para la unión de todas las piezas y hacer una estructura compacta, este proceso se realizará en las diferentes uniones principales y complementaras para dar paso a una sólida estructura de la máquina de limpieza por arenado para soportar presiones de aire además del material abrasivo como producto de limpieza para partes automotrices.



Figura 2.15 Procesos de suelda en tolva y cilindro

En la figura 2.15 se demuestra el trabajo de las uniones en la estructura principal que se realizó mediante el proceso MIG, donde se procederá a conectar todos los accesorios e implementaciones como las manqueras, filtros, válvulas tomadas en cuenta de los prototipos de SolidWorks y de los estudios realizados de maquinarias similares de comercialización industrial, además de la instalación de una válvula de apertura de emergencia en caso haya una sobrecarga descontrolada de presión por falla de la válvula principal de seguridad, la válvula manual está instalada junto a un manómetro y se la abrirá de manera manual si la presión supera más de 160 PSI.



Figura 2.16 Unión por suelda de cilindro y tolva

Como complementacion se dara una infraestructura donde se sostenra la maquina y dara facilidad de movilidad por sus ruedas y jaladeras dando a la maquina de limpieza por arenado una forma completa para movilidad y fasilidad de traslado para el usuario hasta el punti de trabjo.



Figura 2.17 Armado de patas, ruedas y jaladeras

2.4.4 Procesos de acabado de máquina de limpieza por arenado

El procedimiento de acabado es necesario proceder mediante una limpieza completa además se dará mediante una lijada 400 por ser la primera vez que se llevará acabado y no tiene residuos de pinturas anteriores, el proceso de limpieza se

llevar a cabo de toda la estructura de la máquina para quitar residuos de óxido o impurezas que no permitan la adherencia de los productos de pintura.

El proceso de pintura de la máquina de limpieza por arenado fue realizado mediante el cubrimiento de los accesorios colocados en la estructura principal, el proceso completo fue realizado con pintura sintética con una base para cubrir toda la estructura y no permitir la oxidación y que la adherencia de la pintura.

Todo el proceso de pintura beneficiará para garantizar el aislamiento de la humedad y no permitir la oxidación del exterior de la máquina de limpieza por arenado además de obtener una máquina estéticamente finalizada.

El proceso para pintar la máquina se basará en pintura automotriz por su duración y fácil adherencia al acero **ASTM A36**.



Figura 2.18 Proceso de pintura de la máquina de arenado

Los implementos después del procedimiento de pintura se colocarán para finalizar con el proceso fabricación de la máquina de limpieza por arenado, para proceder hacer las pruebas correspondientes para la verificación del correcto funcionamiento de la máquina.

Varios de los implementos se adaptaron para mejorar la seguridad y un mejor funcionamiento de la máquina los cuales constan de una válvula regulable de presión de seguridad y en la válvula de depresión se colocó un implemento que ayudara para seguridad del operador en forma de baso para despresurizar de manera

segura. Otros implementos se han optado por colocar de diferente material de las maquinas convencionales para disminuir costos los cuales con el uso presentaran desgaste a largo plazo.



Figura 2.19 Máquina de limpieza por arenado terminada

Para terminar el proceso de acabados de la máquina de limpieza por arenado, se procedió a quitar el empapelado que cubría las mangueras y los accesorios, además que se procedió a cortar el nombre de la máquina para que quede a la vista, así como también el sello de la Universidad Técnica del Norte.

2.4.5 Proceso de manufactura de la cabina de limpieza por arenado.

El proceso de manufactura de la cabina de arenado fue realizado para ayudar en la recolección del material expuesto a la autoparte automotriz, garantizando un área de trabajo con mayor estabilidad que a la intemperie.

La estructura de la cabina de arenado fue donada y reformada para formar parte de la máquina de limpieza por arenado, se basó el cambio total de las partes de la estructura, cambiando los plásticos algunas uniones y contribuyendo con latón para formar una base cónica de recolección y serrando la cabina para garantizar no desperdiciar en el aire el material abrasivo esparcido en contorno.



Figura 2.20 Procesos de desmontaje

La reformación de la estructura principal de la cabina de arenado fue realizada mediante dos materiales los cuales incluyen una lámina de acero inoxidable para la base cónica y reutilización de unas latas de acero galvanizado para formar parte del conjunto del sistema de cabina de arenado.

En la adaptación de la cabina de arenado para compaginar con la máquina principal de limpieza por arenado se ha realizado tres partes fundamentales para funcionamiento en conjunto que son las siguientes:



Figura 2.21 Proceso de reformación

- Adaptación de una infraestructura cónica en la base de la cabina para una mayor facilidad de recolección del material abrasivo.
- Preparación de una base donde se asentará la manguera en la cabina de arenado.
- Formación de orificios circulares en la parte frontal de la cabina de arenado para colocar guantes de carnaza que ayudaran en la manipulación de la pieza ingresada en cabina.



Figura 2.22 Proceso de adaptación para funcionar con la máquina de arenado.

Luego de completar la cabina de arenado para combinar sus beneficios junto a la máquina de arenado para limpieza de partes automotrices pequeñas, se procederá hacer los acabados estéticos que se incorporarán como, el masillado, mica trasparente en la parte superior para visibilidad de la pieza, guantes para manipulación de la autoparte en el interior, cauchos para sellar fugas de polvo y el proceso de pintura.



Figura 2.23 Cabina de arenado

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez, concluido el diseño y construcción de la máquina de limpieza por arenado y comprendido los implementos de seguridad necesarios para la correcta manipulación de esta máquina, se presenta una serie de pasos a seguir para su correcto uso y de esta manera proceder a la recolección de datos y exponer los resultados, considerando todos los factores que conlleva el uso de este tipo de máquinas como costos, ventajas y desventajas.

En esta sección se muestra los cambios realizados en los prototipos prediseñados en la máquina, así como también los resultados obtenidos con las pruebas de la máquina de limpieza por arenado, considerando principalmente factores como algunos tipos de superficies y materiales, así como también la correcta selección de un material abrasivo ideal para cada una de ellas, para que, de esta manera, el uso de la máquina de limpieza por arenado sea utilizada de la mejor forma posible.

3.1 MODIFICACIONES, CAMBIOS Y PRUEBAS ESTRUCTURALES DE LA MÁQUINA DE LIMPIEZA POR ARENADO

Considerando como base para la construcción de la máquina de limpieza por arenado un prototipo de diseño en SolidWorks, fue de mucha ayuda al momento del ensamble de la máquina, ya que se conocía la disposición de cada pieza en el lugar que se iba a ensamblar, pero con nuevas correcciones al momento de la construcción de la máquina y el diseño que nos ayudarían en aspectos como seguridad, economía, comodidad y potencia de la máquina.

3.1.1 REBORDES

En la construcción de cilindros de alta presión, se hace un reborde en los extremos del cilindro con el fin de proporcionar una mayor resistencia y seguridad estructural.

Estos rebordes, también conocidos como bridas, tienen varios propósitos importantes:

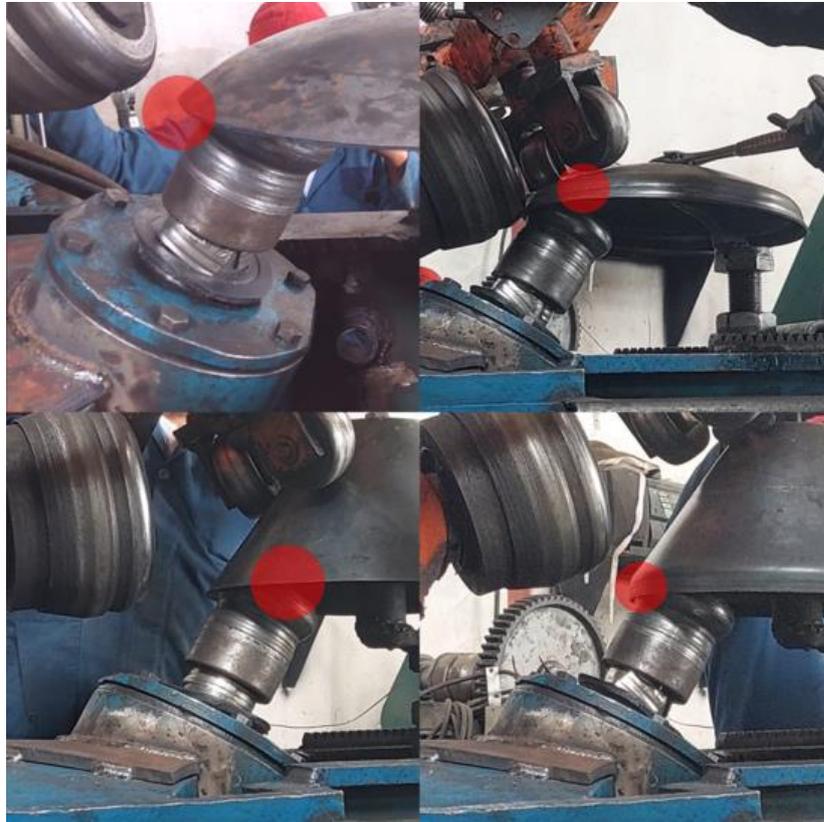


Figura 3.1 Realización de rebordes en tapa y tolva

- **Refuerzo de manera estructural:** Los rebordes ayudan a fortalecer y reforzar los extremos del cilindro, que son las áreas más críticas en términos de resistencia a la presión. El reborde actúa como un refuerzo adicional para evitar la deformación o ruptura del cilindro bajo la alta presión interna a la que estará sometido.
- **Una conexión segura entre piezas:** El reborde proporciona una superficie plana y rígida para unir de manera segura otros componentes del cilindro, en este caso son la tolva y la tapa de la máquina de limpieza por arenado. Estos elementos se fijan al cilindro mediante soldaduras, asegurando una conexión resistente y hermética.

- **Distribución de fuerzas:** El reborde ayuda a distribuir de manera más uniforme las fuerzas generadas por la presión interna a lo largo de toda la superficie del cilindro. Esto evita la concentración excesiva de tensiones en un solo punto y contribuye a una mayor resistencia global de la estructura.



Figura 3.2 Rebordes en máquina de limpieza por arenado

3.1.2 MANGUERA PRINCIPAL

En el diseño principal, se propuso una manguera de alta presión normalmente usada en talleres automotrices, pero fue reemplazada ya que, durante el proceso de limpieza, el material abrasivo golpea las paredes de la manguera a alta velocidad, lo que genera un desgaste significativo en el interior de la manguera, además que el flujo de aire es insuficiente para una limpieza eficiente.

Un factor principal en una máquina de limpieza por arenado es una manguera altamente resistente y de alto flujo, ya que, en el momento de limpiar partes con arena, implica el uso de aire comprimido o de alta presión para propulsar el material a alta velocidad hacia la superficie que se está limpiando.

Una manguera gruesa puede soportar mejor la presión y el flujo de aire necesarios para que el proceso funcione de manera eficiente y efectiva.



Figura 3.3 Manguera de altas presiones

3.1.3 PISTOLA DE ARENADO A PUNTA CERÁMICA

En el diseño inicial, se proponía una pistola para el control de apertura y cierre de la presión y el material abrasivo, pero en algunas pruebas, la pistola procedía a taparse, en lugar de eso, optamos por una válvula de bola, similar a la que controla el caudal de arena, pero de igual manera, el constante paso de arena procedió a dañar completamente la válvula, por lo que finalmente se optó por una punta de cerámica al final de la manguera, para que de esta manera el paso de aire y arena sea constante, de igual manera tiene unos mejores beneficios en comparación de una pistola de arenado y una válvula de bola, los cuales son los siguientes:

- **Resistencia al desgaste:** La limpieza por arenado implica el uso de un abrasivo a alta presión para limpiar, desgastar o preparar una superficie. La punta de cerámica está diseñada para resistir la abrasión causada por los abrasivos utilizados, como la arena, el granate o el óxido de aluminio. El material cerámico es duradero y puede soportar la erosión y el desgaste prolongado.

- **Precisión y control:** Las puntas de cerámica están disponibles en diferentes tamaños y formas, lo que permite una selección precisa según los requisitos del proyecto. Las puntas más pequeñas proporcionan mayor precisión en la dirección y el alcance del chorro abrasivo, lo que es especialmente útil en trabajos que requieren un control detallado.
- **Eficiencia y rendimiento:** Las puntas de cerámica están diseñadas para generar un patrón de chorro uniforme y concentrado, lo que mejora la eficiencia y el rendimiento de la limpieza por arenado. Al mantener una forma y tamaño consistentes, las puntas de cerámica aseguran una distribución uniforme del abrasivo sobre la superficie, lo que resulta en una remoción de material más eficaz.
- **Durabilidad:** La cerámica es un material resistente al impacto y a la corrosión, lo que contribuye a la durabilidad de las puntas de cerámica en condiciones de trabajo exigentes. Estas puntas pueden soportar la presión y la fricción asociadas con el proceso de limpieza por arenado sin desgastarse o dañarse fácilmente, lo que resulta en una vida útil más larga y una mayor rentabilidad.

3.1.4 PRUEBA HIDROSTÁTICA

La prueba hidrostática es un procedimiento fundamental para evaluar la resistencia y la integridad de objetos y equipos que operan bajo presión. Esta prueba se realiza llenando el objeto con un líquido, generalmente agua, y aplicando presión hidráulica de hasta 210 PSI para verificar su capacidad para soportar la carga sin fallas o fugas.

La importancia de la prueba hidrostática radica en varios aspectos. En primer lugar, garantiza la seguridad tanto para los usuarios como para el entorno en el que se utiliza el equipo. Al verificar que no existan debilidades estructurales o puntos de falla, se evitan posibles accidentes o situaciones peligrosas.

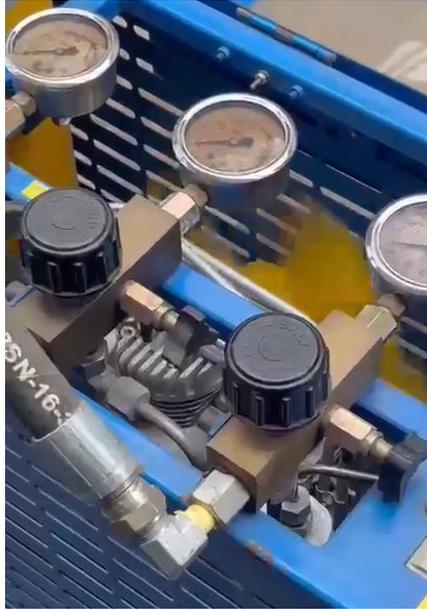


Figura 3.4 Bomba de alta presión

La prueba hidrostática asegura la eficiencia y confiabilidad del equipo, detectar posibles problemas de resistencia o fugas antes de ponerlo en funcionamiento reduce el tiempo de inactividad y los costos asociados con reparaciones inesperadas.

Esta prueba es un requisito para cumplir con las normativas y regulaciones establecidas por las autoridades y los estándares industriales. Cumplir con estos requisitos no solo es una responsabilidad legal, sino también una muestra de compromiso con la seguridad y la calidad en la operación.



Figura 3.5 Adaptación de boquilla para entrada de agua de prueba hidrostática



Figura 3.6 Prueba hidrostática

3.2 MATERIAL ABRASIVO ACCESIBLE

En el proceso de limpieza por arenado se utiliza un material abrasivo que se encuentre al alcance de todas las personas que deseen realizar este proceso, por lo que se ha seleccionado como material abrasivo el carbonato de calcio tipo B-1, el cual se lo puede encontrar en diversos puntos de venta de pinturas para el hogar en nuestro entorno.



Figura 3.7 Roca de carbonato de calcio

3.2.1 Carbonato de Calcio tipo B-1 como material abrasivo

El carbonato de calcio tipo B-1 no es comúnmente utilizado como material abrasivo en aplicaciones de limpieza con arena. El carbonato de calcio es un compuesto químico que se encuentra en forma de piedra caliza y mármol, y se utiliza ampliamente en diversas industrias, como la construcción, la agricultura, la alimentación y la fabricación de papel.



Figura 3.8 Usos del carbonato de calcio
(LACEC, 2022)

En el proceso de limpieza por arenado, utilizando el carbonato de calcio tipo B-1 se demuestra que es altamente versátil en la remoción de pintura, óxido, acumulaciones de grasa, tierra, carbón y residuos en motores que son productos de la combustión ya sea en pistones, cabezotes, tapa válvulas, etc. Además, que el carbonato de calcio no es dañino para las personas ya que por todos los usos beneficiosos que tiene, no son considerados tóxicos ni para las personas y mucho menos para el medio ambiente en caso se lo emplee en procesos de limpieza al aire libre.

3.2.2 Ficha técnica del carbonato de calcio tipo B-1

FICHA TÉCNICA

Tipo: Product Information
Referencia: T00.01__ES_ECCQ
Versión: 1
Fecha de aplicación: 27.10.21

Identificador ID: 1725904732
Aplicable para: ECCQ Lacec Cayambe



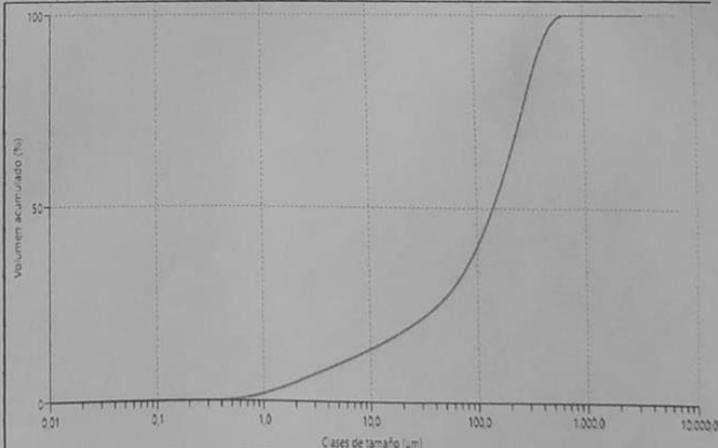
PLANTA INDUSTRIAL LACEC CIA. LTDA.
"Miembro del grupo Omya"

Planta Industrial Lacec Cia Ltda
Panamericana E-35, Km 2 en el tramo
Santa Rosa de Cusubamba–El Quinche
Parroquia Ascazubi
Cayambe - Ecuador
Tel +593 (2) 248-0501
www.omya.com
lacec@lacec.com.ec



B001 - Omyacarb 120 LB CQ

PLANTA	Ascazubi / Pichincha, Ecuador		
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	Carbonato de calcio natural en polvo con alto grado de pureza		
ANÁLISIS QUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA	CaCO ₃	97.0	%
	MgCO ₃	2.1	%
	Insolubles	2.7	%
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Diámetro medio (D _{50%})	141	µm
	Corte superior (D _{98%})	540	µm
	Retenido en malla 50 (300 µm) (ISO 787/7)	40	%
	Retenido en malla 100 (150 µm) (ISO 787/7)	27	%
	Blancura (Ry, C/2°) (DIN 53163)	77	
DATOS TÉCNICOS	Densidad absoluta (ISO 787/10)	2.7	g/cm ³
	Densidad aparente libre (ISO 787/11)	1.69	g/cm ³
	Humedad ex Works (ISO 787/2)	0.3	%
	pH (ISO 787/9)	9	
	Dureza	3	Mohs
APLICACIONES	Distribución del Tamaño de Partícula (Malvern Mastersizer 3000) <ul style="list-style-type: none"> • Acabados de Construcción • Tratamiento de agua • Suplemento Ca (calcio) • Pozos Petroleros 		



La información contenida en esta hoja de Datos Técnicos se refiere exclusivamente al material específico aquí designado y no a su utilización en combinación con algún otro material o en algún proceso. La información aquí expuesta está basada en datos técnicos que Lacec cree son fiables, haciéndose constar, sin embargo, que Lacec no hace manifestación ni da garantía alguna de que la misma sea completa o exacta, y que Lacec no asume ninguna responsabilidad que pudiera derivarse de su utilización o por las reclamaciones de terceros o los daños o perjuicios que estos sufran. Quienes reciban esta información deberán ejercer su propio juicio en cuanto a la correcta utilización de la misma y a ellos les corresponde formarse una opinión respecto a la idoneidad del material (incluso desde el punto de vista de seguridad) para un fin determinado antes de proceder a su utilización.



Rocio Flores
0999725305

Figura 3.9 Ficha técnica de carbonato de calcio tipo B-1

(cecal, 2021)

3.2.3 Análisis microscópico del deterioro de los materiales abrasivos

MICROSCOPIO SOGERESA

- **Carbonato de calcio tipo B-1 antes de su uso.**

Fotografías microscópicas de Carbonato de calcio tipo B-1, con escala 10X aumentado permitiendo verificar las propiedades iniciales del material antes del impacto de la máquina.

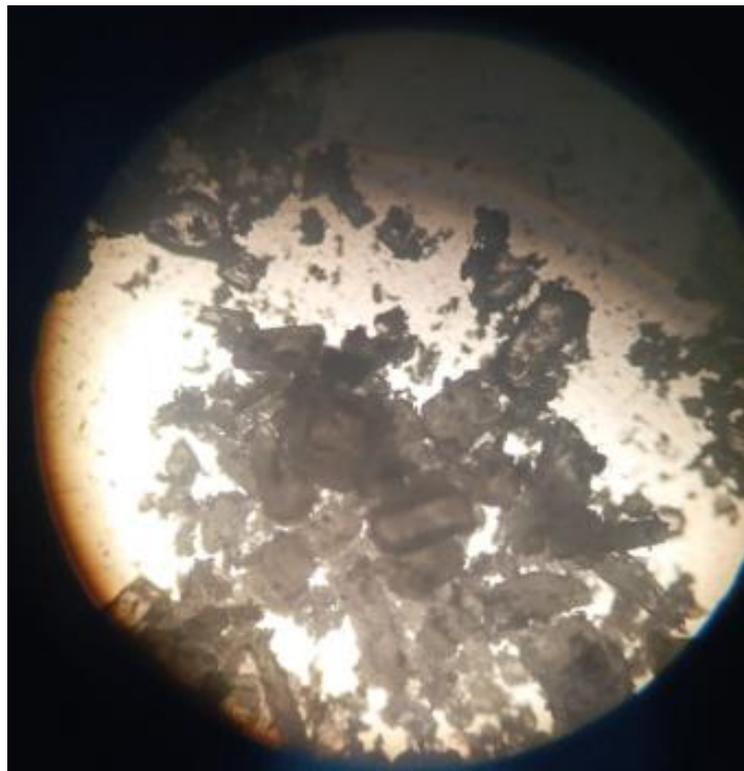


Figura 3.10 Muestra de carbonato de calcio tipo B-1 antes de su uso

- **Carbonato de calcio tipo B-1 después de su uso**

Primera exposición con la máquina a las partes automotrices seleccionadas con diferentes impurezas (tierra, oxido, etc.) obtenido del suelo, se logró encontrar mayor parte de impurezas, además las partículas obtenidas del material empleado para la limpieza son más pequeñas perdiendo las propiedades iniciales. Esta prueba garantiza aun la reutilización del material pro el tamaño de las partículas ya que aún no a perdió sus características iniciales completamente.

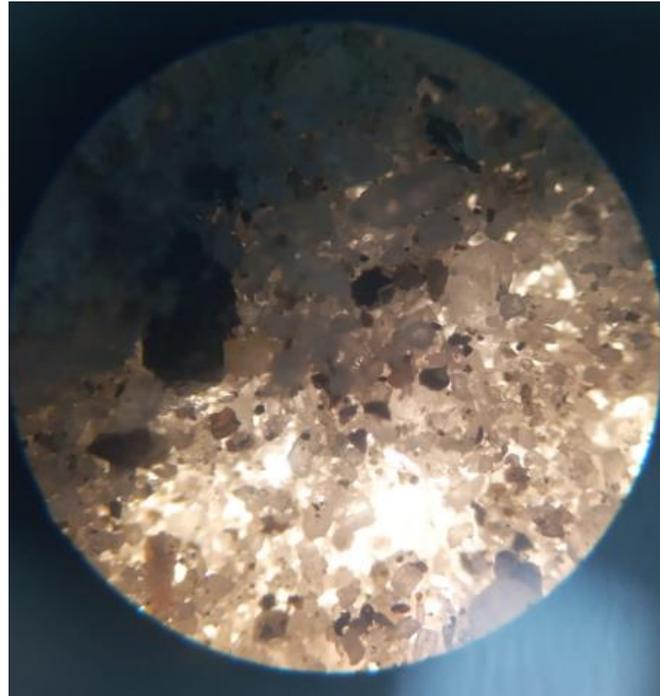


Figura 3.11 Muestra de carbonato de calcio tipo B-1 después de su uso

MICROSCOPIO DIGITAL DE 10X -15X

- **Fotografías del microscopio digital de 10X -15X de carbonato de calcio tipo B-1**

La primera prueba es válida para medir con el microscopio digital de 10X -15X, por el tamaño de la partícula que aún se puede medir, considerando los datos de la ficha técnica del carbonato de calcio, tiene un diámetro medio de 0.14 mm

- **Dimensiones de una partícula de carbonato de calcio tipo B-1 después de su uso**

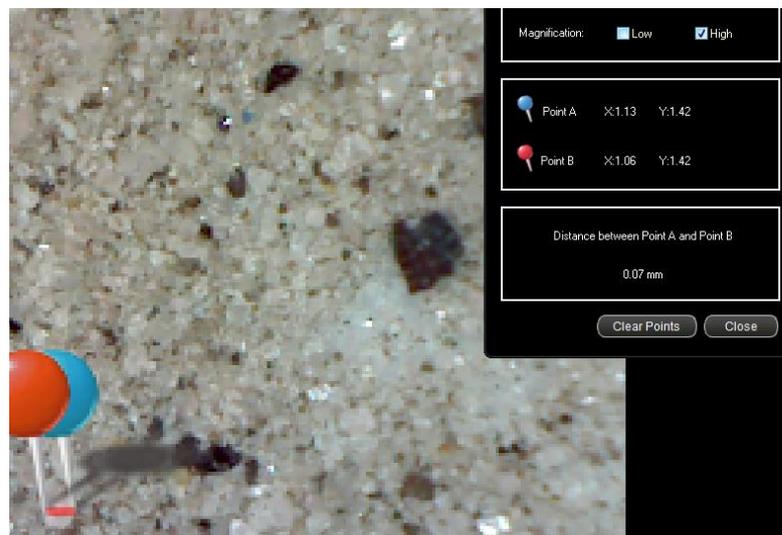


Figura 3.12 Dimensión Horizontal del carbonato de calcio tipo B-1

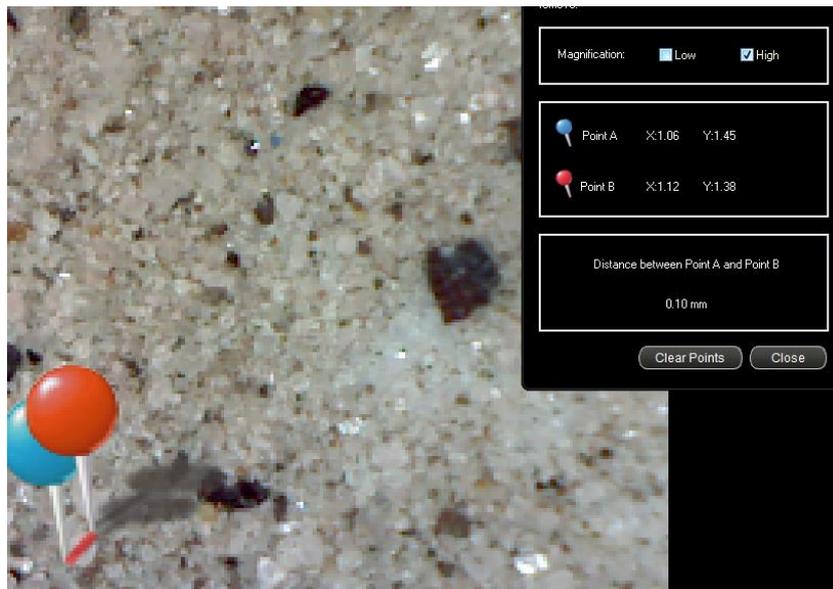


Figura 3.13 Dimensión vertical del carbonato de calcio tipo B-1

Mediante la medición de las dimensiones de la partícula del carbonato de calcio tipo B-1, se puede afirmar que el uso máximo del carbonato de calcio para procesos de limpieza por arenado, se limita a un máximo de dos veces, por la reducción de tamaño considerable de las partículas, tomando en cuenta que tienen un diámetro inicial de 0.14mm, se ve reducido hasta 0.7mm, cabe mencionar que en la vista microscópica, se pueden encontrar incluso partículas aún más pequeñas, esto se debe al fuerte impacto a altas presiones en las superficies que son destinadas a ser limpiadas con el proceso de limpieza por arenado.

3.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS DE DEFORMACIÓN

La prueba de hipótesis realizada se utiliza para determinar evidencia estadística suficiente para afirmar que existe una diferencia significativa en el desempeño o resistencia entre contenedores con diferente grosor de material, garantizando la seguridad y la calidad del contenedor de alta presión de la máquina de limpieza por arenado.

3.3.1 Recopilación de datos en SolidWorks

Con ayuda de las simulaciones realizadas con el software SolidWorks se obtienen las escalas de deformación en distintos grosores candidatos para la construcción del

contenedor de alta presión, los cuales serán relacionados con varias presiones que serían sometidas en el proceso de limpieza por arenado en condiciones extremas.

Tabla 3.1 Recopilación de datos de deformación en SolidWorks

Simulación de deformación en SOLIDWORKS			
Grosor del material "mm"	Presión "psi"	Escala de Deformación (x)	F(x)
2	300	122,836	0,00403782
	250	112,134	0,01018705
	200	100,295	0,01871212
	150	86,858	0,02198307
	100	70,919	0,01283354
Grosor del material "mm"	Presión "psi"	Escala de Deformación (x)	F(x)
2,5	300	115,209	0,00809908
	250	105,171	0,0153578
	200	94,068	0,02162319
	150	81,465	0,02002034
	100	66,516	0,00961995
Grosor del material "mm"	Presión "psi"	Escala de Deformación (x)	F(x)
3	300	110,658	0,0112543
	250	101,017	0,01825778
	200	90,352	0,02225338
	150	78,247	0,01813394
	100	63,889	0,00787027
Grosor del material "mm"	Presión "psi"	Escala de Deformación (x)	F(x)
3,5	300	106,250	0,01455449
	250	96,999	0,02050657
	200	86,753	0,02196195
	150	75,130	0,01597729
	100	61,344	0,00634798
Grosor del material "mm"	Presión "psi"	Escala de Deformación (x)	F(x)
4	300	103,914	0,01627509
	250	94,860	0,02137184
	200	84,846	0,02145522
	150	73,478	0,01475821
	100	59,994	0,00561812
Promedio		89,728	
Desviación		17,91640097	
Acumulado		0,000	

Los datos proporcionados provienen del estudio en SolidWorks tomando en cuenta el grosor de la lámina de acero de la estructura principal y diversas presiones que podrían ocurrir en el sistema, para lograr obtener la resistencia y determinar la

escala de deformación de la máquina de limpieza por arenado para partes automotrices y garantizar así la resistencia e integridad de la máquina.

Diferentes grosores utilizados en simulación de SolidWorks

Grosor de 1.5mm

En las simulaciones presentadas, el grosor más pequeño del material para la construcción del acumulador de presión de la máquina de limpieza por arenado se observa una fuerte deformación en la parte superior, por lo que el grosor de 1.5mm se considera descartado.

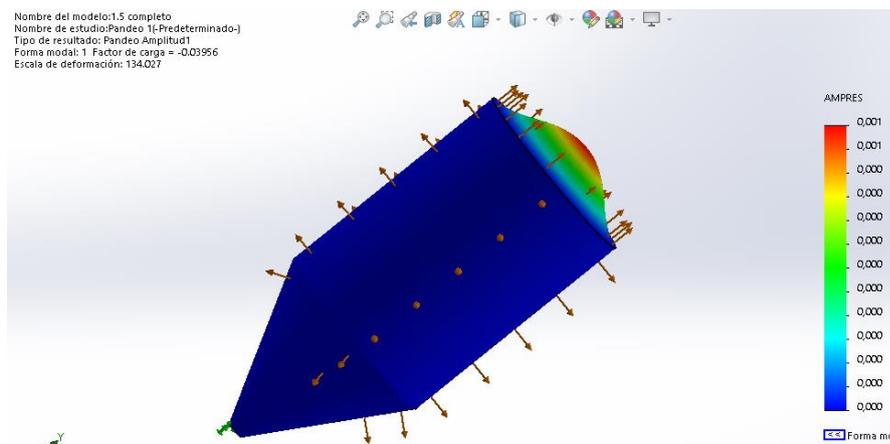


Figura 3.14 Simulación de presión en contenedor de 1.5mm a 300 PSI

Grosor de 2mm

En las simulaciones presentadas, el grosor de 2mm del material para la construcción del acumulador de presión se observa una casi nula deformación en la parte superior, por lo que el grosor de 2mm se considera aceptable.

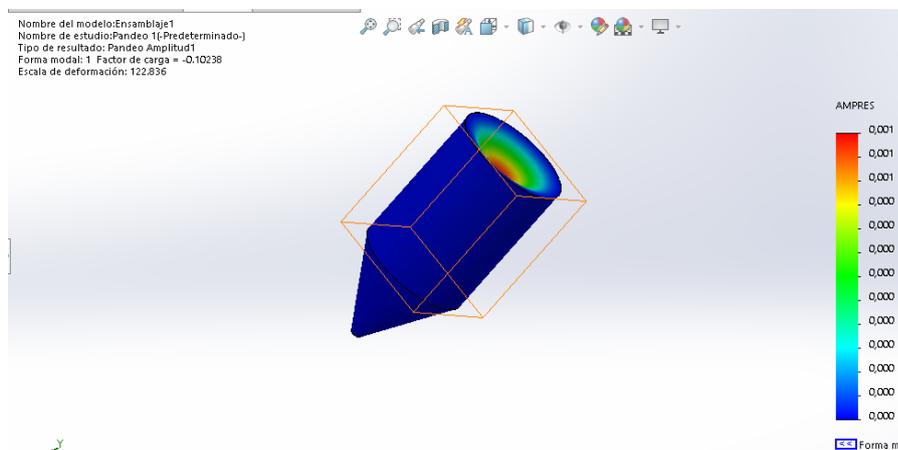


Figura 3.15 Simulación de presión en contenedor de 2mm a 300 PSI

Grosor de 4mm

En las simulaciones presentadas, el grosor de 4mm del material para la construcción del acumulador de presión se observa una nula deformación en la parte superior, por lo que el grosor de 4mm se considera aceptable, pero no fiable considerando los precios del material.

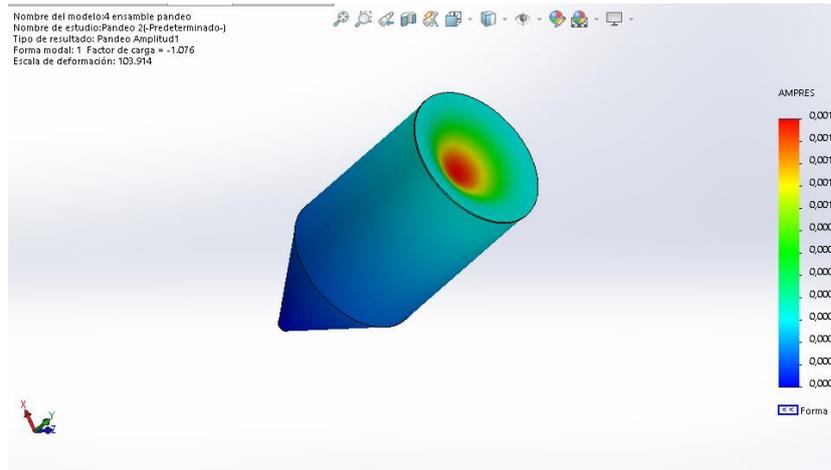


Figura 3.16 Simulación de presión en contenedor de 4mm a 300 PSI

3.3.2 Prueba de hipótesis con Statgraphics.

Media muestral = 89,728

Desviación estándar muestral = 1,0

Tamaño de muestra = 25

Intervalos de confianza del 95,0 % para la media: 89,728 +/- 0,412781
[89,3152;90,1408]

Hipótesis Nula: media = 89,728

Alternativa: no igual

Estadístico t calculado = **0,0**

Valor-P = **1,0**

No rechazar la hipótesis nula para alfa = 0,05.

El StatAdvisor

Este análisis muestra los resultados de realizar una prueba de hipótesis relativa a la media (μ) de una distribución normal. Las dos hipótesis para evaluar son:

Hipótesis nula: $\mu = 89,728$

Hipótesis alterna: $\mu <> 89,728$

Dada una muestra de 25 observaciones con una media de 89,728 y una desviación estándar de 1,0, el estadístico t calculado es igual a 0,0. Puesto que el valor-P para la prueba es mayor o igual que 0,05, no puede rechazarse la hipótesis nula con un 95,0% de nivel de confianza. El intervalo de confianza muestra que los valores de μ soportados por los datos caen entre 89,3152 y 90,1408.

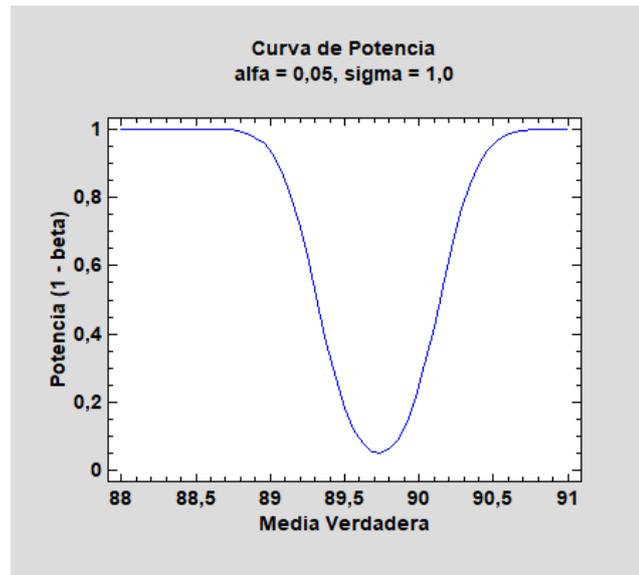


Figura 3.17 Curva de potencia y media verdadera en Statgraphics

La prueba de hipótesis fue realizada en STATGRAPHICS, relacionando con los datos obtenidos del estudio de SolidWorks; Obteniendo la media muestral en base a la suma de todos los valores de la muestra de la escala de deformación con 25 caracteres obtenidos del programa SolidWorks.

La hipótesis en STATGRAPHICS proporciona una aceptación de intervalos de confianza de 95,0 % para una media de 89,728 de los datos proporcionados.

Análisis de Una Variable - Escala de Deformación (x)

Datos/Variable: Escala de Deformación (x)

25 valores con rango desde 59,994 a 122,836

El StatAdvisor

Este procedimiento está diseñado para resumir una sola muestra de datos. Calculará varios estadísticos y gráficas. También incluidos en el procedimiento están los

intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis. Use los botones de Opciones Tabulares y de Opciones Gráficas en la barra de herramientas para análisis, para acceder a estos diferentes procedimientos.

Tabla 3.2 Resumen Estadístico para Escala de Deformación (x)

Recuento	25
Promedio	89,7281
Desviación Estándar	17,9164
Coefficiente de Variación	19,9674%
Mínimo	59,994
Máximo	122,836
Rango	62,842
Sesgo Estandarizado	-0,123696
Curtosis Estandarizada	-0,992948

El StatAdvisor

Esta tabla muestra los estadísticos de resumen para Escala de Deformación (x). Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma. De particular interés aquí son el sesgo y la curtosis estandarizados, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

Intervalos de Confianza para Escala de Deformación (x)

Intervalos de confianza del 95,0% para la media: 89,7281 +/- 7,39553 [82,3325; 97,1236]

Intervalos de confianza del 95,0% para la desviación estándar: [13,9896; 24,9244]

El StatAdvisor

Este panel muestra los intervalos de confianza del 95,0% para la media y la desviación estándar de Escala de Deformación (x). La interpretación clásica de estos intervalos es que, en muestreos repetidos, estos intervalos contendrán la media verdadera ó la desviación estándar verdadera de la población de la que fueron extraídas las muestras, el 95,0% de las veces. En términos prácticos, puede establecerse con 95,0% de confianza, que la media verdadera de Escala de Deformación (x) se encuentra en algún lugar entre 82,3325 y 97,1236, en tanto que la desviación estándar verdadera está en algún lugar entre 13,9896 y 24,9244.

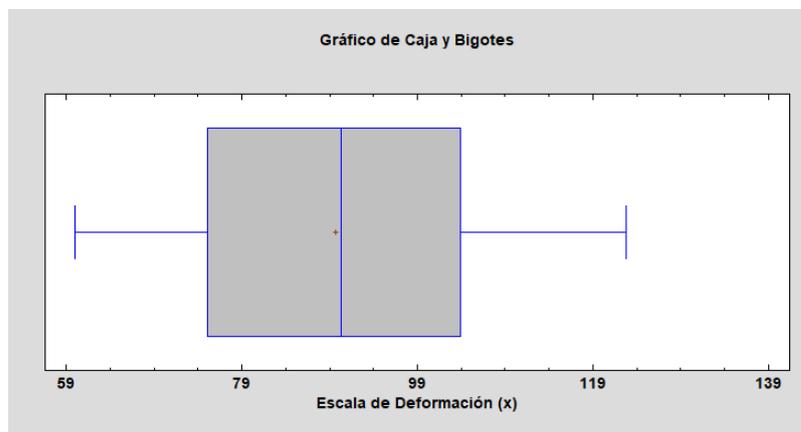


Figura 3.18 Escala de deformación mediante grafico de Caja y Bigotes

Ambos intervalos asumen que la población de la cual proviene la muestra puede representarse por la distribución normal. Mientras que el intervalo de confianza para la media es bastante robusto y no muy sensible a violaciones de este supuesto, los intervalos de confianza para la desviación estándar son muy sensibles. Si los datos no provienen de una distribución normal, el intervalo para la desviación estándar puede ser incorrecto.

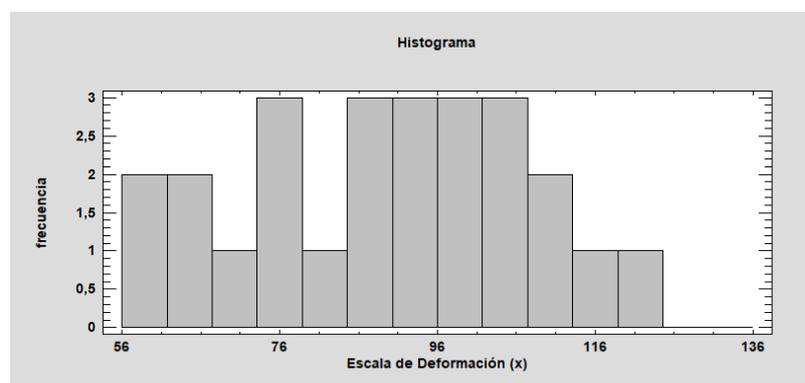


Figura 3.19 Escala de deformación mediante Histograma

El análisis de una variable también proporcionada por STATGRAPHICS, da una descripción detallada de los 25 caracteres escritos en el mismo programa, proporcionando una afirmación a la descripción anterior sobre el intervalo de confianza de 95,0% para la media y la desviación estándar.

Además, este método proporciona diferentes graficas del comportamiento de la escala de deformación.

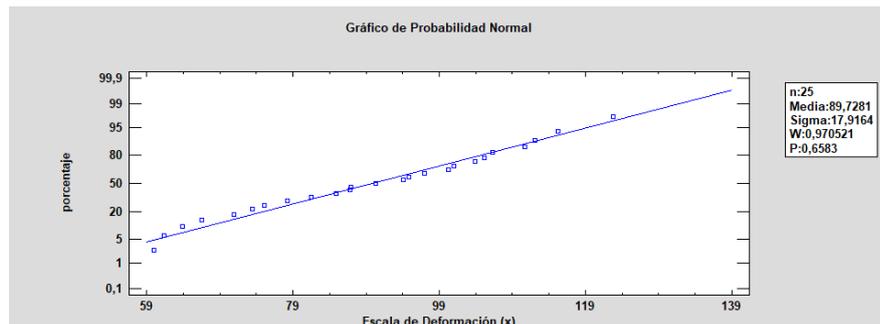


Figura 3.20 Gráfica de probabilidad Normal

3.4 IMPLEMENTACIÓN DE CABINA PARA ARENADO.

La implementación de una máquina de limpieza por arenado con su respectiva cabina de limpieza ofrece varias ventajas significativas en comparación de realizar una limpieza al aire libre. A continuación, hay algunas razones por las cuales es beneficioso el uso de una cabina de arenado:

- **Control del entorno:** Una cabina para limpieza por arenado proporciona un espacio cerrado y controlado donde se lleva a cabo el proceso de limpieza. Esto ayuda a contener el abrasivo, evitando que se dispersen en el entorno de trabajo y minimizando la exposición del operador a sustancias nocivas. Además, al tener un espacio confinado, se puede controlar mejor la dirección y el alcance del chorro abrasivo, lo que resulta en una mayor precisión y eficiencia en el trabajo.
- **Seguridad del operador:** La cabina para arenado brinda una capa adicional de seguridad al proteger al operador de posibles lesiones causadas por proyecciones de abrasivos o partículas volátiles. Esto es importante cuando se utilizan materiales abrasivos agresivos o cuando se trabaja con superficies que pueden generar fragmentos o salpicaduras.

• **Reducción del ruido:** El proceso de limpieza por arenado genera un nivel de ruido considerable. Al implementar una cabina para arenado, se reduce la propagación del ruido y se crea un ambiente de trabajo más silencioso. Esto puede mejorar la comodidad del operador y minimizar los efectos negativos del ruido en la salud auditiva.

• **Facilidad de limpieza y mantenimiento:** Una cabina para arenado facilita la limpieza y el mantenimiento del equipo. El polvo y los residuos generados durante el proceso de arenado se acumulan principalmente dentro de la cabina, lo que simplifica la tarea de eliminarlos y mantener el entorno de trabajo limpio.

3.5 PASOS PARA EL CORRECTO USO DE LA MÁQUINA DE LIMPIEZA POR ARENADO SIN CABINA PARA ARENADO.

1. **Colocarse los implementos de seguridad personal:** Antes de comenzar, debemos asegurarnos de usar equipo de protección personal, como gafas de seguridad, mascarilla, guantes y ropa adecuada para evitar la inhalación de polvo y partículas abrasivas.



Figura 3.21 Implementos de seguridad personal

- 2. Verificar la presión del compresor:** Asegúrate de que la máquina de limpieza por arenado esté correctamente conectada al compresor de aire y que el compresor se encuentre totalmente cargado.



Figura 3.22 Presión promedio del compresor

- 3. Verificar el estado de mangueras y conexiones:** Las mangueras y las boquillas deben estar limpias y en buenas condiciones, ya que al no estar bien selladas pueden existir fugas de presión y una muy posible falla.

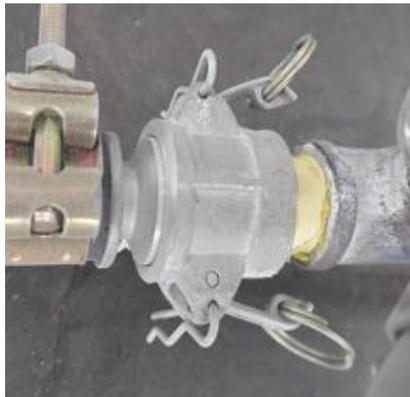


Figura 3.23 Integridad de conexión y manguera principal

- 4. Verificación de punta de manguera:** Desarmar la punta cerámica girándola en sentido antihorario con las manos o con un playo en caso se encuentre

atorado, verificar que no haya presencia de humedad en la conexión ni en el caucho de sellado, limpiar todos los componentes y ajustarlos con fuerza.



Figura 3.24 Desmontaje de punta de máquina de limpieza por arenado

5. Preparación de la superficie: Limpia la superficie que se va a tratar con la máquina de limpieza por arenado, de preferencia echar un poco de aire para asegurarnos que no haya objetos volátiles importantes cerca del área de limpieza.



Figura 3.25 Autoparte destinada a ser arenada

6. **Colocar el material abrasivo:** Llena el tanque de la máquina de limpieza por arenado con el abrasivo adecuado para la superficie a tratar



Figura 3.26 Colocación de material abrasivo

7. **Cerrar la tapa de ingreso del material abrasivo:** La tapa o tapón de la máquina de limpieza por arenado es considerada potencialmente peligrosa ya que debe soportar una alta presión y si no se la aprieta de manera fuerte y firme puede ocasionar un peligroso accidente, se sigue revisando la rosca periódicamente y usar teflón.



Figura 3.27 Tapa de máquina de limpieza por arenado

8. Verificar que todas las válvulas de la máquina de limpieza por arenado estén cerradas: Debemos considerar que tenemos en total 4 válvulas.

- La primera es la del paso del aire del compresor a la máquina de limpieza por arenado.
- La segunda es la válvula de alivio para descargar la presión de la máquina de limpieza por arenado y para la liberación de aire en caso de emergencia.
- La tercera es la válvula de paso de aire desde el compresor hacia la manguera principal.
- La cuarta es la válvula de salida de material abrasivo de la máquina. Todas las válvulas deben estar totalmente cerradas antes de conectar el compresor y abrirlas en un orden en específico al momento de trabajar o recargar material abrasivo.



Figura 3.28 Válvulas en la máquina de limpieza por arenado

9. Conectar y abrir el paso del aire del compresor: Dependientemente de la potencia del compresor utilizado abriremos la válvula de entrada de aire hacia la máquina de limpieza por arenado, equilibrando que ronde una presión de hasta 120 psi.

- 10. Abrir consecutivamente el paso de aire de la manguera:** La válvula que va de la manguera que va a expulsar el aire de la máquina, previamente, una segunda persona debe sostener la manguera apuntando directamente sobre la superficie la cual se va a tratar.
- 11. Abrir de manera controlada la válvula inferior que controla la arena:** Este paso puede llegar a ser uno de los más complicados ya que debe haber una coordinación entre las dos personas que van a manipular la máquina de limpieza por arenado, ya que dependiendo de la persona que sostenga la manguera va a solicitar la cantidad deseada de arena, la cual tiene que ser equilibrada, es decir que salga una cantidad moderada de arena, ni mucha ni poca. A medida que se trabaje, si es necesario, se debe ajustar la presión del aire y la cantidad de abrasivo según sea necesario para obtener el resultado deseado.



Figura 3.29 Coordinación entre dos personas para la manipulación de máquina

- 12. Sandblasting:** Mantén la máquina de limpieza por arenado a una distancia adecuada de la superficie que se va a tratar y apunta la boquilla en la dirección deseada.

Comienza a trabajar con movimientos suaves y constantes, asegurándote de cubrir toda el área de la superficie, en caso de que se necesite más arena o más presión de

aire se debe informar a la persona encargada de la manipulación de las válvulas, de esta manera no desperdiciaremos material y presión del aire.

La persona que se encarga de la manipulación de las válvulas debe estar pendiente de la presión de aire del manómetro que, si la presión de aire baja hasta los 25 psi nos daremos cuenta que debemos terminar un ciclo de trabajo ya que a esta presión la eficiencia de la máquina se ve reducida un 50% por lo que la máquina de limpieza por arenado necesita volver a recargar aire, se procede a cerrar primeramente la válvula de arena y después de 5 segundos (hasta que con ayuda del aire se limpie la manguera y salga toda la arena) cerraremos la válvula de aire y esperaremos a que nuevamente la presión del manómetro ronde los 120 psi.



Figura 3.30 Persona arenando

- 13. Revisión de una correcta limpieza:** En los momentos los cuales la máquina está recargando el aire, la persona que está arenando debe revisar cómo se está efectuando la limpieza de la parte y enfocar la limpieza en el siguiente ciclo de trabajo.



Figura 3.31 Revisión de la pieza entre tiempos de trabajo

- 14. Trabajo de limpieza final:** Cuando la persona encargada de arenar crea que su trabajo ha terminado, tiene que revisar la pieza y asegurarse que se encuentre limpia en su totalidad para que pueda terminar de arenar, por lo que procede a cerrar la válvula de paso de aire de todas las válvulas y desconectar la manguera del compresor, para finalmente abrir la válvula de alivio y descargar todo el aire existente en la máquina.



Figura 3.32 Polea de motor después de limpieza

- 15. Limpieza del área de trabajo:** Después de terminar, apaga la máquina de limpieza por arenado y limpia la manguera y la boquilla para evitar la acumulación de abrasivo y polvo en el equipo. También limpia la superficie tratada para eliminar cualquier residuo de abrasivo.

- 16. Efectos secundarios sobre las piezas limpiadas:** Después de terminar la limpieza de nuestras piezas, dejarlas al aire libre es un grave error, ya que la humedad en el ambiente hace que las piezas limpiadas procedieron a oxidarse, por lo que nuevamente se procedió a volverlas a limpiar.



Figura 3.33 Polea limpiada y oxidada por dejarla al aire libre

- 17. Tratamiento de la pieza después de la limpieza:** Al terminar de realizar la limpieza por arenado, lo recomendable es echarle un poco de cualquier líquido lubricante como por ejemplo el lubricante ABRO AB80, para posteriormente guardarlos en un lugar fresco y seco.



Figura 3.34 Lubricante ABRO AB80

- 18. Trabajo final de pieza arenada:** Posteriormente al uso del lubricante podemos observar que la limpieza de la pieza que fue arenada no presentará

señales de deterioro por el óxido, obteniendo de esta manera que la pieza que fue limpiada se pueda almacenar de una manera segura.



Figura 3.35 Pieza limpiada y lubricada con líquido ABRO AB80

3.6 PASOS PARA EL CORRECTO USO DE LA MÁQUINA DE LIMPIEZA POR ARENADO CON CABINA PARA ARENADO.

- 1. Colocarse los implementos de seguridad personal:** Antes de comenzar, debemos asegurarnos de usar equipo de protección personal básico, como son un mandil, una mascarilla, protectores de oídos y protectores de vista.



Figura 3.36 Implementos de seguridad personal con cabina para arenado

- 2. Verificar la presión del compresor:** Asegúrate de que la máquina de limpieza por arenado esté correctamente conectada al compresor de aire y que el compresor se encuentre totalmente cargado.



Figura 3.37 Presión promedio del compresor

- 3. Verificar el estado de mangueras y conexiones:** Las mangueras y las boquillas deben estar limpias y en buenas condiciones, ya que al no estar bien selladas pueden existir fugas de presión y una muy posible falla.



Figura 3.38 Integridad de conexión y manguera principal

- 4. Verificación de punta de manguera:** Desarmar la punta cerámica girándola en sentido antihorario con las manos o con un playo en caso se encuentre atorado, verificar que no haya presencia de humedad en la conexión ni en el caucho de sellado, limpiar todos los componentes y ajustarlos con fuerza.



Figura 3.39 Desmontaje de punta de máquina de limpieza por arenado

- 5. Preparación de la superficie dentro de la cabina para arenado:** Limpia la superficie que se va a tratar con la máquina de limpieza por arenado, para después ingresarlas dentro de la cabina para arenado



Figura 3.40 Culata de motor de motocicleta antes de limpieza por arenado

- 6. Ubicar la pieza dentro de la cabina para arenado:** Después de que haya sido limpiada la superficie, se procede a ubicar la pieza dentro de la cabina,

asegurándonos que selle la puerta de manera correcta para que no haya fugas de polvo hacia los exteriores.



Figura 3.41 Autoparte dentro de cabina para ser arenada

7. Colocar el material abrasivo: Llena el tanque de la máquina de limpieza por arenado con el abrasivo adecuado para la superficie a tratar



Figura 3.42 Colocación de material abrasivo

8. Cerrar la tapa de ingreso del material abrasivo: La tapa o tapón de la máquina de limpieza por arenado es considerada potencialmente peligrosa ya que debe soportar una alta presión y si no se la aprieta de manera fuerte y firme puede ocasionar un peligroso accidente, se sigue revisando la rosca periódicamente y usar teflón.



Figura 3.43 Tapa de máquina de limpieza por arenado

9. Verificar que todas las válvulas de la máquina de limpieza por arenado estén cerradas: Debemos considerar que tenemos en total 4 válvulas, la primera es la del paso del aire del compresor a la máquina de limpieza por arenado, la segunda es la válvula de alivio para descargar la presión de la máquina de limpieza por arenado, la tercera es la válvula de paso de aire hacia la manguera y la cuarta es la válvula de salida de material abrasivo de la máquina.

Todas las válvulas deben estar totalmente cerradas antes de conectar el compresor y abrirlas en un orden en específico al momento de trabajar o recargar material abrasivo.

Si alguna de las válvulas se encuentra abiertas, rápidamente se debe detener el proceso de instalación y revisarlas nuevamente, ya que una válvula abierta de manera indeseada puede hacer un gran desorden en el área de trabajo.



Figura 3.44 Válvulas en la máquina de limpieza por arenado

- 10. Conectar y abrir el paso del aire del compresor:** Dependientemente de la potencia del compresor utilizado abriremos la válvula de entrada de aire hacia la máquina de limpieza por arenado, equilibrando que ronde una presión de hasta 120 psi.
- 11. Abrir consecutivamente el paso de aire de la manguera:** La válvula que va de la manguera que va a expulsar el aire de la máquina, previamente, una segunda persona debe sostener la manguera apuntando directamente sobre la superficie la cual se va a tratar.
- 12. Abrir de manera controlada la válvula inferior que controla la arena:** Este paso puede llegar a ser uno de los más complicados ya que debe haber una coordinación entre las dos personas que van a manipular la máquina de limpieza por arenado, ya que dependiendo de la persona que sostenga la manguera va a solicitar la cantidad deseada de arena, la cual tiene que ser equilibrada, es decir que salga una cantidad moderada de arena, ni mucha ni poca. A medida que se trabaje, si es necesario, se debe ajustar la presión del aire y la cantidad de abrasivo según sea necesario para obtener el resultado deseado.

13. Sandblasting: Mantén la máquina de limpieza por arenado a una distancia adecuada de la superficie que se va a tratar y apunta la boquilla en la dirección deseada.

Comienza a trabajar con movimientos suaves y constantes, asegurándote de cubrir toda el área de la superficie, en caso de que se necesite más arena o más presión de aire se debe informar a la persona encargada de la manipulación de las válvulas, de esta manera no desperdiciaremos material y presión del aire.

La persona que se encarga de la manipulación de las válvulas debe estar pendiente de la presión de aire del manómetro que, si la presión de aire baja hasta los 25 psi nos daremos cuenta que debemos terminar un ciclo de trabajo ya que a esta presión la eficiencia de la máquina se ve reducida un 50% por lo que la máquina de limpieza por arenado necesita volver a recargar aire, se procede a cerrar primeramente la válvula de arena y después de 5 segundos (hasta que con ayuda del aire se limpie la manguera y salga toda la arena) cerraremos la válvula de aire y esperaremos a que nuevamente la presión del manómetro ronde los 120 psi.



Figura 3.45 Limpieza por arenado con cabina

14. Revisión de una correcta limpieza: En los momentos los cuales la máquina está recargando el aire, la persona que está arenando debe revisar cómo se está

efectuando la limpieza de la parte y enfocar la limpieza en el siguiente ciclo de trabajo.



Figura 3.46 Revisión de la pieza entre ciclos de trabajo

- 15. Trabajo de limpieza final:** Cuando la persona encargada de arenar revise la pieza y se encuentre limpia en su totalidad puede terminar de arenar, por lo que procede a cerrar la válvula de paso de aire de todas las válvulas y desconectar la manguera del compresor, para finalmente abrir la válvula de alivio y descargar todo el aire existente en la máquina.

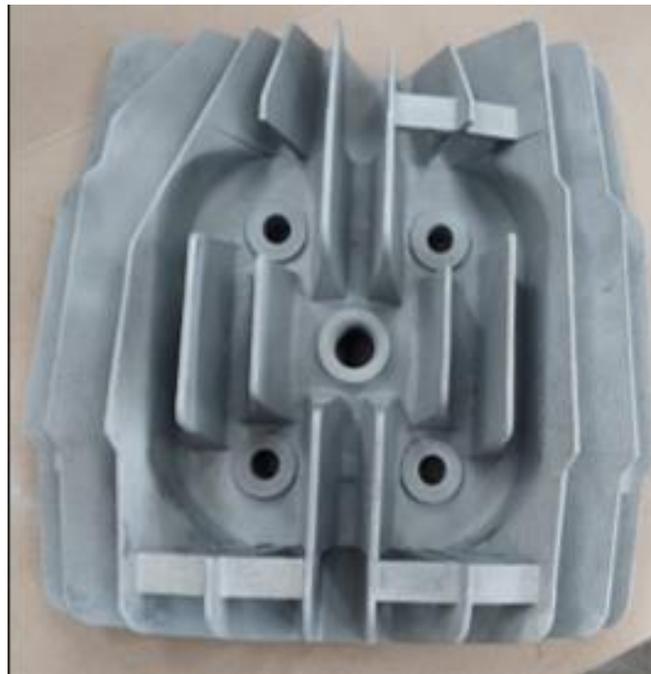


Figura 3.47 Culata de motor después de limpieza

- 16. Limpieza del área de trabajo:** Después de terminar, apaga la máquina de limpieza por arenado y limpia la manguera y la boquilla para evitar la acumulación de abrasivo y polvo en el equipo. También limpia la superficie tratada para eliminar cualquier residuo de abrasivo.
- 17. Tratamiento de la pieza después de la limpieza:** Al terminar de realizar la limpieza por arenado, lo recomendable es echarle un poco de cualquier líquido lubricante como por ejemplo el lubricante ABRO AB80, para posteriormente guardarlos en un lugar fresco y seco.



Figura 3.48 Lubricante ABRO AB80

3.7 RESULTADOS DE LIMPIEZA CON ARENADO EN DIFERENTES SUPERFICIES.

Para demostrar la funcionalidad y la eficiencia de la máquina de limpieza por arenado para partes automotrices se realizó distintas pruebas en autopartes de diferentes materiales, midiendo el tiempo aproximado de trabajo y el tipo de material que se va a remover.

1. Polea de cigüeñal



Figura 3.49 Polea de cigüeñal antes de ser arenada

Tabla 3.3 Descripción de limpieza de polea de cigüeñal

MATERIAL	Hierro Fundido
TIPO DE SUCIEDAD	Óxido
TIEMPO DE LIMPIEZA (min)	10



Figura 3.50 Polea de cigüeñal después de ser arenada

2. Pistón de motor



Figura 3.51 Pistón de motor antes de ser arenado

Tabla 3.4 Descripción de limpieza de pistón de motor

MATERIAL	Aleación de Aluminio
TIPO DE SUCIEDAD	Residuos de carbón
TIEMPO DE LIMPIEZA (min)	8



Figura 3.52 Pistón de motor después de ser arenado

3. Culata de moto



Figura 3.53 Culata de moto antes de ser arenada

Tabla 3.5 Descripción de limpieza de culata de moto

MATERIAL	Aleación de Aluminio
TIPO DE SUCIEDAD	Óxido – Pintura – Tierra
TIEMPO DE LIMPIEZA (min)	25

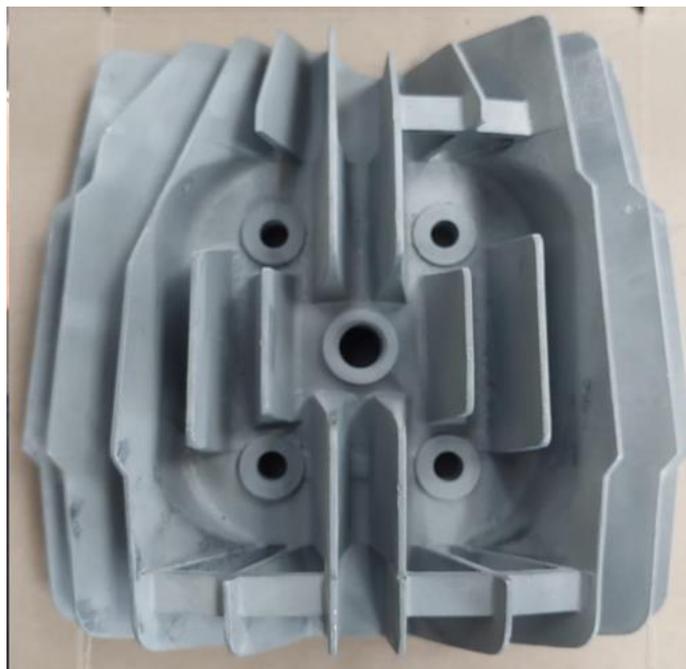


Figura 3.54 Culata de moto después de ser arenada

4. Acoples de un tanque de combustible



Figura 3.55 Acoples de contenedor antes de ser arenados

Tabla 3.6 Descripción de limpieza de acoples de un tanque de combustible

MATERIAL	Planchas de Acero
TIPO DE SUCIEDAD	Óxido – Tierra
TIEMPO DE LIMPIEZA (min)	15



Figura 3.56 Acoples de contenedor después de ser arenados

5. Múltiple de Escape



Figura 3.57 Múltiple de escape antes de ser arenado

Tabla 3.7 Descripción de limpieza de múltiple de escape

MATERIAL	Hierro Fundido
TIPO DE SUCIEDAD	Óxido
TIEMPO DE LIMPIEZA (min)	15



Figura 3.58 Múltiple de escape después de ser arenado

6. Satélite de Transmisión



Figura 3.59 Satélite de transmisión antes de ser arenado

Tabla 3.8 Descripción de limpieza de satélite de transmisión

MATERIAL	Hierro Fundido
TIPO DE SUCIEDAD	Óxido
TIEMPO DE LIMPIEZA (min)	5



Figura 3.60 Satélite de transmisión después de ser arenado

7. Gato Hidráulico de Botella



Figura 3.61 Gato Hidráulico antes de ser arenado

Tabla 3.10 Descripción de limpieza de gato hidráulico de botella

MATERIAL	Aleación de Acero
TIPO DE SUCIEDAD	Óxido – Pintura
TIEMPO DE LIMPIEZA (min)	15



Figura 3.62 Gato Hidráulico después de ser arenado

8. Axial



Figura 3.63 Axial antes de ser arenado

Tabla 3.9 Descripción de limpieza de axial

MATERIAL	Hierro Fundido
TIPO DE SUCIEDAD	Óxido
TIEMPO DE LIMPIEZA (min)	5



Figura 3.64 Axial después de ser arenado

Después de llevar a cabo un proceso de limpieza por arenado en autopartes de un vehículo, se puede observar los siguientes aspectos sobresalientes:

- Contra el óxido.

El arenado es un método efectivo para eliminar el óxido y la corrosión presentes en las autopartes, es uno de los materiales que se remueven rápidamente. La fuerza del chorro de arena ayuda a desprender y eliminar estas capas no deseadas, dejando las superficies más limpias y libres de corrosión, llegando hasta lugares inalcanzables para una limpieza casi perfecta.

- Contra la remoción de pintura.

Si las autopartes tienen capas de pintura o recubrimientos anteriores, el arenado puede eliminarlos de manera efectiva. El chorro de arena actúa como un abrasivo para desprender la pintura vieja y los revestimientos, dejando las superficies listas para recibir un nuevo acabado.

- Restauración de la apariencia.

El arenado puede devolver a las autopartes su aspecto original, eliminando las imperfecciones y marcas superficiales acumuladas con el tiempo. Al eliminar la suciedad, la grasa y otros contaminantes, las autopartes se ven renovadas y revitalizadas.

- Limpieza profunda en áreas de difícil acceso.

El arenado es especialmente útil para limpiar áreas de difícil acceso en las autopartes, como rincones, ranuras o superficies con formas irregulares. El chorro de arena puede penetrar en lugares estrechos y eliminar la suciedad y el óxido acumulados, restaurando la funcionalidad y apariencia de esas áreas.

- Reintegra el funcionamiento.

Al eliminar la corrosión y el óxido, el arenado contribuye a mejorar el rendimiento y funcionamiento de las autopartes. Por ejemplo, en el caso de la limpieza del gato hidráulico, el óxido no permitía el movimiento del torillo regulador de altura, por lo que después de la limpieza adecuada de las superficies recuperó su movilidad.

3.8 ANALISIS DE COSTOS Y VIABILIDAD

En el proceso del desarrollo del proyecto de titulación se ha generado una variedad de costos, algunos son considerados como pérdidas, ya que por motivos experimentales no fueron utilizados en la propuesta final, todos los costos que se han incluido en la lista son considerados útiles para el ensamble final y se presenta a continuación:

3.8.1 Máquina de limpieza por arenado.

Tabla 3.11 Costos totales de construcción de máquina de limpieza por arenado

Tanque rolado y rebordeado	1	240\$	240\$
Manguera 1”	1m	20\$	80\$
Válvula de bola 1”	2	30\$	60\$
Válvula Reguladora de Presión	1	130\$	130\$
Válvula de acople rápido	1	50\$	50\$
Llave de paso	3	5\$	15\$
Filtro Regulador	1	18.50\$	18.50\$
Manómetro de Presión	1	17\$	17\$
Acople en “T”	1	2\$	2\$
Llantas	1	7.50\$	15\$
Acople salida de arena	1	8.50\$	8.50\$
Abrazaderas	4	1.25\$	5\$
Thinner laca litro	4	1.80\$	7.20\$
Sintético preparado	2	4\$	8\$
Lija de agua	4	0.90\$	3.60\$
Trabajo de Torno y asesoramiento.	1	40\$	40\$
Total			699.80\$

El costo para la elaboración de la máquina de limpieza por arenado es de 699.80\$, pronosticada con un valor de venta al público de 1.200 dólares, considerando que una máquina arenadora en nuestro mercado ronda entre 2.000 a 4.000 dólares, se considera un precio conveniente para el mercado. Los viajes realizados a algunas empresas dejaron en claro los costos de servicio de una máquina de limpieza por arenado, los cuales rondan los 8 dólares el metro cuadrado siempre y cuando la superficie sea plana y 16 dólares el metro cuadrado cuando la superficie presenta irregularidades altamente pronunciadas, dando a entender que es un proyecto viable y puede ser considerado un proyecto dispuesto a mostrar márgenes de ganancia.

3.8.2 Cabina de arenado.

Tabla 3.12 Costos totales de construcción de cabina de limpieza por arenado

Tolva	1	80\$	80\$
Guantes	1	10\$	10\$
Pernos	20	0.10\$	2\$
Pernos 1"	2	1\$	2\$
Bisagras	3	1\$	3\$
Cauchos	5m	2.50\$	12.50\$
Masilla	1 lt	4.95\$	4.95\$
Thinner Laca litro	2 lt	1.79\$	3.58\$
Sintético Preparado	2 lt	4\$	8\$
Sikaflex Negro	1	10.35\$	10.35\$
Fondo de relleno	1 lt	6\$	6\$
Lija de agua	2	0.90\$	1.80\$
Lija de hierro	2	1\$	2\$
Silicon	2	4\$	8\$
Total			154.18\$

El costo para la elaboración de la cabina de limpieza por arenado es de 154.18\$, el proceso de manufactura de la cabina de arenado fue realizado para ayudar en la recolección del material expuesto a la autoparte automotriz, garantizando un área de trabajo con mayor estabilidad que a la intemperie.

3.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.9.1 Conclusiones

- Se logró diseñar una máquina de limpieza por arenado que cumple con los requisitos técnicos, funcionales y estéticos establecidos, utilizando el software Solidworks para modelar, simular y optimizar los componentes y el ensamblaje de la máquina.
- Se logró construir una máquina de limpieza por arenado que se ajusta al diseño realizado en Solidworks, utilizando materiales, herramientas y técnicas adecuadas para garantizar la calidad, la seguridad y la durabilidad de la máquina.
- Se logró evidenciar fotográficamente los resultados del correcto funcionamiento de la máquina de limpieza por arenado, mostrando el antes y el después de la aplicación del proceso de arenado sobre diferentes superficies y materiales, tales como metal, madera, plástico, vidrio, entre otros.

3.9.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un estudio de mejora continua de la máquina de limpieza por arenado para partes automotrices, para incorporar nuevas tecnologías, materiales y procesos que permitan optimizar el desempeño, la seguridad y la calidad de la máquina.
- Se logró evidenciar fotográficamente los resultados del correcto funcionamiento de la máquina de limpieza por arenado, mostrando el antes y el después de la aplicación del proceso de arenado sobre diferentes superficies y materiales, tales como metal, madera, plástico, vidrio, entre otros.
- Se recomienda realizar un estudio comparativo entre la máquina de limpieza por arenado y otros métodos de limpieza de partes automotrices, como el cepillado, el lijado o removedores químicos, para evaluar las ventajas y desventajas de cada uno en términos de tiempo, costo, calidad, seguridad y medio ambiente, además se recomienda diseñar y aplicar una encuesta a los usuarios potenciales de la máquina de limpieza por arenado, como los talleres mecánicos y talleres de enderezada y pintura, para conocer su opinión, su satisfacción y sus sugerencias sobre el uso de esta máquina y de ésta manera identificar las oportunidades y los desafíos para su implementación.

BIBLIOGRAFÍA

1. M. (2023). *3m.com.ec*. Obtenido de https://www.3m.com.ec/3M/es_EC/p/d/b5005175024/
2. Adelca. (2022). *www.adelca.com*. Obtenido de <https://www.adelca.com/producto.php?nom=TEES&cat=1>
3. AliExpress. (2023). *es.aliexpress.com*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/4001170666687.html>
4. ArchiExpo. (2023). *archiexpo.es*. Obtenido de <https://www.archiexpo.es/prod/bwk-dachzubehoer/product-56988-1040657.html>
5. Bullard. (2016). *Protección Respiratoria Productos de Seguridad y Calidad del Aire*. EE.UU.
6. Chávez, A. M. (2020). *idus.us.es*. Obtenido de idus.us.es: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/101085/TFG-2804-HERRERA%20CHAVEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Chrom. (2023). *betz-chrom.de*. Obtenido de blasting: <https://www.betz-chrom.de/en/blasting/>
8. Construequpos. (2011). *cejesas.com*. Obtenido de <https://www.cejesas.com/sandblasting/>
9. Corporation, S. (2019). *static.smc.eu*. Obtenido de https://static.smc.eu/binaries/content/assets/smc_global/product-documentation/installationmaintenance-manuals/es/im_aw_smv11es.pdf
10. Criogenicos. (4 de Octubre de 2011). *youtube.com*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=7BAphsfCS4Q&ab_channel=criogenicos
11. DDBiolab. (2023). *ddbiolab.com*. Obtenido de <https://www.ddbiolab.com/product/0N-16-29>

12. Ecuagrass. (2021). *ecuagrass.ec*. Obtenido de <https://ecuagrass.ec/producto/arena-de-silice-blanca/>
13. EgmTrader. (2021). *egmtrader.com*. Obtenido de <https://www.egmtrader.com/granalla-de-acero/>
14. Espinosa, T. A. (abril de 2015). *Tesis/UPS-KT01112.pdf*. Obtenido de [Tesis/UPS-KT01112.pdf: file:///C:/Users/Jorge/Desktop/Tesis/UPS-KT01112.pdf](file:///C:/Users/Jorge/Desktop/Tesis/UPS-KT01112.pdf)
15. Gayner. (2022). *gayner.es*. Obtenido de https://www.gayner.es/productos/ruedas-y-rotantes/ruedas-de-manutencion/epi/epi.html?a_156=12460&limit=5&mode=list
16. Genebre. (19 de Diciembre de 2017). *www.genebre.es*. Obtenido de Genebre: https://pim.genebre.es/genebre/documents/fichas_tecnicas/2014.pdf
17. Gruposur. (9 de Noviembre de 2018). *www.gruposur.com* . Obtenido de http://www.gruposur.com/download/hojas_tecnicas/ht-557-53325-010.pdf
18. Insst. (1999). *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España*. Obtenido de www.insst.es: https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_510.pdf/98694ac4-8c0b-4c4c-b30b-29fd880121e7?version=1.0&t=1617977424422
19. LACEC. (Enero de 2022). *www.lacec.com.ec*. Obtenido de <https://www.lacec.com.ec/enlaces/app.html>
20. ManoMano. (2023). *manomano.es*. Obtenido de <https://www.manomano.es/consejos/como-elegir-una-arenadora-neumatica-3484>
21. MedicalExpo. (2023). *medicalexpo.es*. Obtenido de <https://www.medicalexpo.es/prod/moldex-metric-inc/product-99965-892723.html>

22. Medrano, S. A. (4 de Julio de 2022). Industria metalmecánica ecuatoriana participa en la ejecución de grandes proyectos. *VISTAZO* .
23. Minabradec. (2002). *minabradec*. Obtenido de <http://minabradec.com.ec/paginaventas>
24. MINABRADEC. (2002). *minabradec*. Obtenido de <http://minabradec.com.ec/paginaventas>
25. Mto. (2023). *La casa del pantanero*. Obtenido de <https://www.mto.com.ec/>
26. Muñoz, J. (2016). *Propuesta para elaborar una guía de seguridad y salud ocupacional al ejecutar el proceso de sandblasting*. Yopal: UNAD.
27. Omcorp. (2022). *omcorp.com.ve*. Obtenido de <https://omcorp.com.ve/producto/tambor-plastico-208-litros-azul-cerrado-con-tapas-mia20565p/>
28. Planificación, M. d. (2021). *Plan de creación de oportunidades 2021 - 2025*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación.
29. Poberaj. (2022). *www.poberaj.com*. Obtenido de <https://www.poberaj.com.ar/documentacion/fichas-tecnicas/A-Acoples-Rapidos/acoples-poberaj-sa.pdf>
30. Reinar, S. (15 de 08 de 2016). *Historia del sandblasting*. Obtenido de <https://www.reinarsa.com/2016/08/15/historia-del-sandblasting/>
31. Sitasa. (2022). *www.catalogo.sitasa.com*. Obtenido de Sitasa: http://www.catalogo.sitasa.com/familias/ruedas/01_1.pdf
32. Uniforma. (2023). *uniforma.net*. Obtenido de <https://www.uniforma.net/blog/camisas-de-trabajo-de-algodon-100/>
33. Velavi. (2023). *velavi.com*. Obtenido de <https://velavi.com/producto/equipos-de-proteccion/guantes-industriales/guantes-de-carnaza/guante-de-carnaza-largo/>
34. Wikaes. (2009). *www.wika.es*. Obtenido de https://www.wika.es/upload/DS_PM0502_es_es_87829.pdf

ANEXOS

ANEXO I

VISITA A SANDBLASTING ANCHUNDIA EN LA CIUDAD DE QUITO

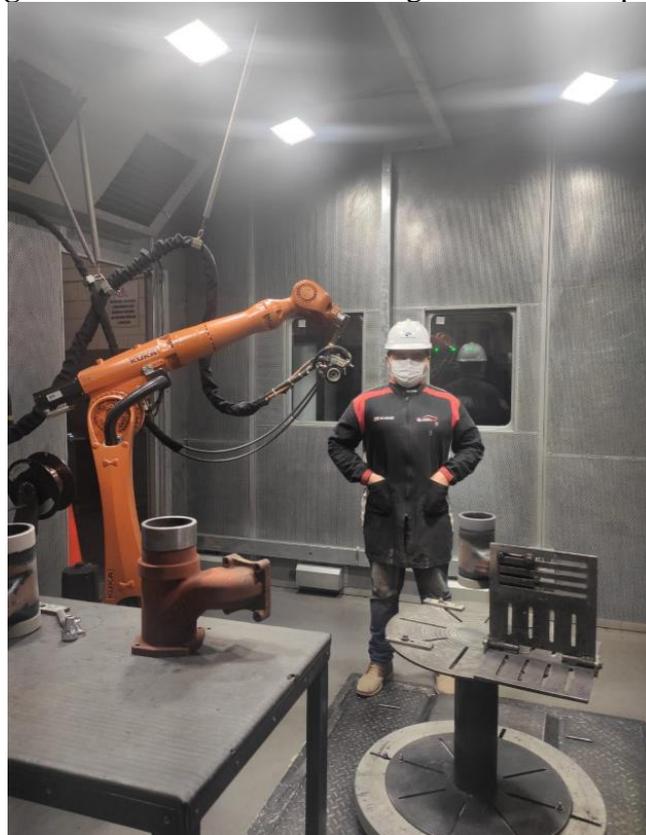
Figura I.1 Visita a empresa de limpieza por granalla



ANEXO II

CABINA DE GRANALLADO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Figura II.1 Interior de cabina de granallado Caterpillar



ANEXO III

MANTENIMIENTO DIARIO DE CABINA DE GRANALLADO DE CATERPILLAR

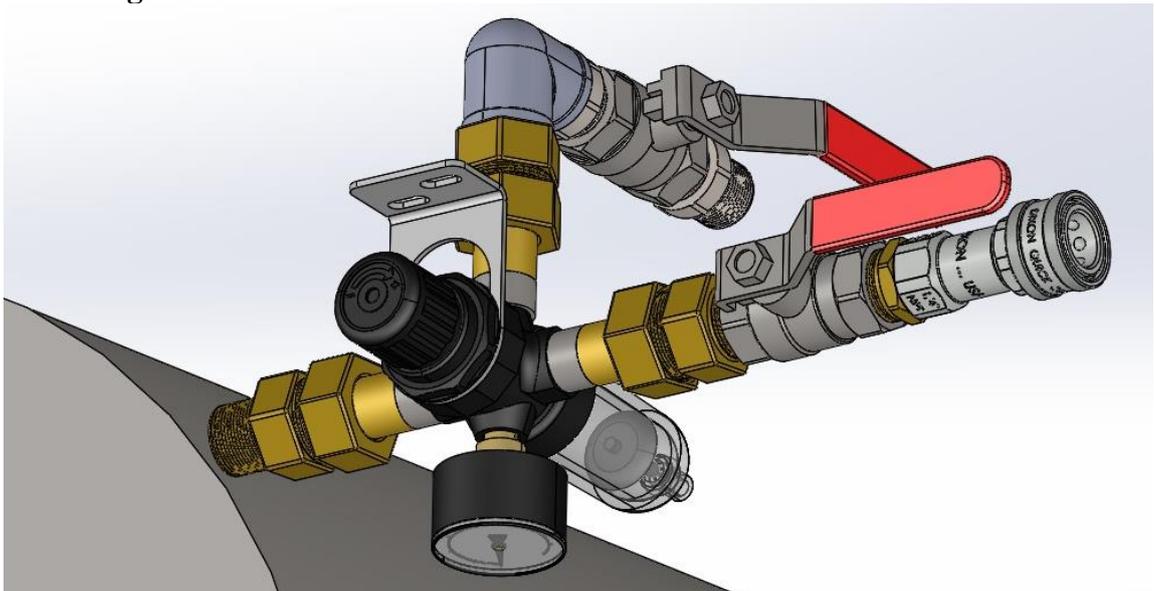
Figura III.1 Actividades para el mantenimiento diario de cabina de granallado



ANEXO IV

PROTOTIPO DE DISTRIBUCIÓN DE VÁLVULAS DE ARENADORA

Figura IV.1 Primer diseño de distribución de válvulas de arenadora



ANEXO V

PRENSA CON MOLDES PARA TAPAS DE CILINDROS

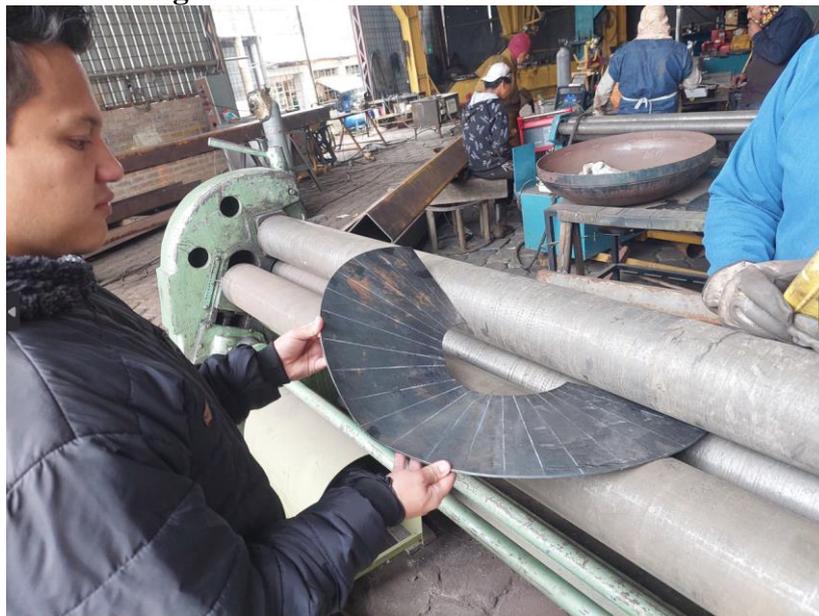
Figura V.1 Prensado de tapa superior de arenadora



ANEXO VI

PROCESO DE ROLADO DE TOLVA PARA ARENADORA

Figura VI.1 Rolado de tolva de arenadora



ANEXO VII

REBORDEADORA EN TAPA DE ARENADORA

Figura VII.1 Proceso de rebordes en tapa superior de arenadora



ANEXO VIII

SUELDA DE TAPA DE ARENADORA

Figura VIII.1 Suelda de acople roscado para la tapa de ingreso de abrasivo



ANEXO IX

ACCESORIOS DE ARENADORA

Figura IX.1 Accesorios principales para ensamble de arenadora



ANEXO X

CARBONATO DE CALCIO TIPO B-1

Figura X.1 Saco de carbonato de calcio usado como material abrasivo



ANEXO XI

EQUIPO DE PROTECCIÓN DE ROSTRO PARA ARENADORA

Figura XI.1 Capucha protectora para rostro y cabeza



ANEXO XII

PREPARADO DE CABINA PARA ARENADO PARA PINTAR

Figura XII.1 Cabina de arenado en proceso de pintura



ANEXO XIII

HUECOS PARA GUANTES DE CARNAZA EN CABINA DE ARENADO

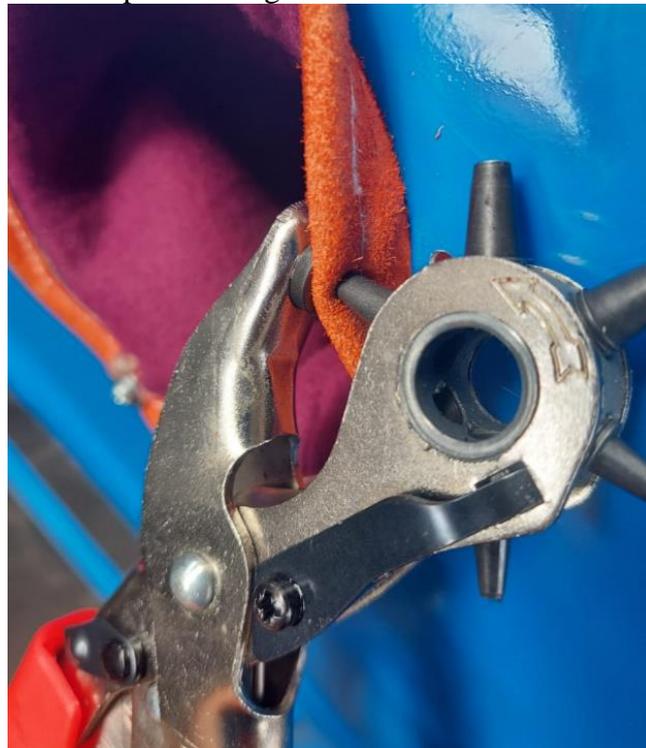
Figura XIII.1 Huecos para la adaptación de guantes de carnaza



ANEXO XIV

ADAPTACIÓN DE GUANTES DE CARNAZA PARA CABINA DE ARENADO

Figura XIV.1 Adaptación de guantes de carnaza en cabina de arenado



ANEXO XV

EXPOSICIÓN DE CHORRO DE ARENA CONTRA MASILLA

Figura XV.1 Exposición de chorro de arena en superficie con masilla

