

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO PRELIMINAR DE UN RASTRILLO MECÁNICO
PARA LA REDUCCIÓN DE SÓLIDOS EN CENTRALES
HIDROELÉCTRICAS ARICOTA, AÑO 2024**

TESIS

Presentada por:

Bach. Brandom Antonio Cervantes Sacachipana

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

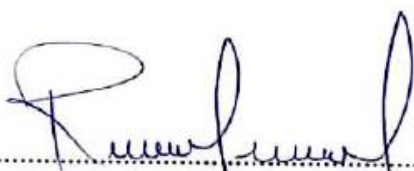
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**“DISEÑO PRELIMINAR DE UN RASTRILLO MECÁNICO
PARA LA REDUCCIÓN DE SÓLIDOS EN CENTRALES
HIDROELÉCTRICAS ARICOTA, AÑO 2024”**

Tesis sustentada y aprobada el 30 de diciembre del 2024 por el Bachiller
Brandom Antonio Cervantes Sacachipana, siendo el jurado calificador
integrado por:

PRESIDENTE

:


.....

Mtro. REYNALDO CLEMENTE TELLES RIOS

SECRETARIO


:


.....

Mgr. WILSON GARCIA MAMANI

MIEMBRO

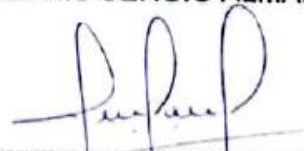
:


.....

Dr. WILLIAMS SERGIO ALMANZA QUISPE

ASESOR

:


.....

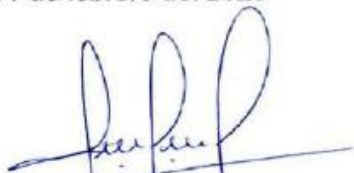
Mgr. WILSON GARCIA MAMANI

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **WILSON GARCIA MAMANI** en mi condición de asesor acreditado con Resolución de Facultad N°. 08637-2024-FAIN/UNJBG del 17 de mayo del 2024, de la tesis titulada: **“Diseño preliminar de un rastrillo mecánico para la reducción de sólidos en centrales hidroeléctricas Aricota año 2024”** presentado por el **BACHILLER BRANDOM ANTONIO CERVANTES SACACHIPANA**, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG; considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual **TURNITIN**, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 9%. Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciada líneas arriba, la cual está expedita para continuar con los trámites para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, según corresponda para su publicación en el repositorio institucional.

Tacna, 11 de febrero del 2025



Nombres y Apellidos del Asesor
Wilson Garcia Mamani
No. ORCID: 0000-0002-0806-7985



Nombres y Apellidos del Bachiller
Brandom Antonio Cervantes Sacachipana
DNI: 72329522



DEDICATORIA

El presente trabajo está dirigido a mis padres quienes me dieron la fortaleza contra la adversidad para convertirme en una gran persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por permitirme demostrar la calidad de persona de la cual soy, y a mi familia que son mi principal soporte para seguir adelante.

A los miembros de mi jurado quienes me dieron las facilidades para poder continuar mi camino como profesional.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes del problema a investigar	3
1.2. Descripción del problema	5
1.3. Formulación del problema	8
1.4. Objetivos de la investigación.....	9
1.5. Justificación e importancia de la investigación	9
1.6. Limitaciones.....	14
1.7. Viabilidad del estudio	14
1.8. Formulación de hipótesis.....	14
1.9. Variables	14
1.10. Operacionalización de variables.....	15
CAPÍTULO II.....	16
MARCO TEÓRICO	16

2.1	Antecedentes del trabajo de investigación	16
2.2	Bases Teóricas.....	19
2.3	Definiciones conceptuales.....	30
CAPÍTULO III.....		35
MARCO METODOLÓGICO		35
3.1	Planteamiento metodológico.....	35
3.2	Población y muestra.....	35
3.3	Equipos y materiales	36
3.4	Procedimiento de las pruebas experimentales	36
3.5	Técnicas de Recolección de datos	36
3.6	Técnicas para el procesamiento de datos	37
CAPÍTULO IV.....		38
RESULTADOS		38
4.1.	Descripción de las pruebas experimentales.....	38
4.2.	Presentación y análisis de los resultados	61
4.3.	Contraste de hipótesis	65
CAPÍTULO V.....		67
DISCUSIÓN		67
5.1.	Pruebas de validación del modelo experimental	67
5.2.	Aplicación de la tecnología encontrada.....	67
5.3.	Contraste con trabajos de investigación similares	67
CONCLUSIONES.....		68

RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de ordenes de trabajo generado para dicha actividad.....	10
Tabla 2. Porcentaje de ordenes de trabajo generado para dicha actividad.....	11
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	15
Tabla 4. Cables de Acero	50
Tabla 5. Selección de Cables tipo elevador	51
Tabla 6. Selección diámetro de polea	52
Tabla 7. Selección de rueda	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Trabajo de limpieza de rejillas de cámara de carga	6
Figura 2. Trabajo de limpieza de rejillas de cámara de carga	7
Figura 3. Línea de vida para la ejecución de la actividad	7
Figura 4. Gráfico circular porcentual de ordenes generados para dicha actividad ..	12
Figura 5. Orden de trabajo para la ejecución de la actividad.....	13
Figura 6. Diseño de cámara de carga de una central hidroeléctrica.....	21
Figura 7. Limpiarrejas hidráulico.....	25
Figura 8. Limpiarrejas de cremallera	26
Figura 9. Limpia rejas de cable.....	27
Figura 10. Distribución de fuerzas	39
Figura 11. Rejillas de cámara de carga de Central hidroeléctrica Aricota 2	39
Figura 12. Winche Con Capacidad Máxima De 750 Kg Y Variador De Velocidad ..	42
Figura 13. Fuerzas aplicadas a la estructura.....	44
Figura 14. Esfuerzos De Von Mises	45
Figura 15. Desplazamiento De La Estructura	46
Figura 16. Factor De Seguridad	47
Figura 17. Motores NEMA De 0.33 HP A 25 HP	54
Figura 18. Polipasto 1 TN.....	55
Figura 19. Esfuerzos de Von Mises en el rastrillo.....	57
Figura 20. Factor de seguridad en el rastrillo.	58
Figura 21. Prototipo con los respectivos winches de ascenso y descenso	62
Figura 22. Equipo con el accionamiento del mecanismo de ascenso y descenso del mecanismo.....	63

Figura 23. Volteo del rastrillo.....	64
Figura 24. Accionamiento de los winches	64
Figura 25. Accionamiento del rastrillo.....	65

RESUMEN

En el presente trabajo se plantea una máquina-prototipo con la finalidad principal de poder reducir los tiempo de limpieza manual en las rejillas de cámara de carga de Central Hidroeléctrica Aricota II, según registro de datos tomados de la matriz de ordenes de trabajo del año 2022 ;el 16% de las actividades programadas para las centrales, estaban destinados a realizar la limpieza de las rejillas, y normalmente se realizaban de manera interdiaria por semana de 2 a 3 horas/días, entre 3 a 4 trabajadores ,lo cual significa un gasto significativo en horas/hombre, generación eléctrica, gastos operacionales, entre otros.

Debido al elevado costo de fabricación del equipo a escala real, el cual este genera, se optó por fabricar un prototipo a escala de manera experimental; en el cual se demuestra la reducción de tiempos de mano de obra por parte del personal técnico, asimismo el funcionamiento del mecanismo de ascenso y descenso del rastrillo en un intervalo de tiempo de 60 a 90 segundos en vacío,cabe resaltar que para tener resultados más certeros y con carga real, es de suma importancia realizar la construcción del equipo real. Para el diseño se ha tomado en cuenta

En los aspectos constructivos; para el marco estructural a escala real se tiene un peso estimado de 2400 kg (incluyendo equipos electromecánicos) y para el rastrillo un peso aproximado con carga de 1000 kg, cabe resaltar que estos datos son tomados con un programa de diseño y simulación.

Para la selección del material tanto del rastrillo y del marco estructural se está usando acero A36, debido a que es un material comercial y accesible en el mercado.

ABSTRACT

In the present work, a prototype machine is proposed with the main purpose of being able to reduce the manual cleaning time in the forecourt grids of the Aricota II Hydroelectric Power Plant, according to data records taken from the work order matrix for the year 2022; 16% of the activities scheduled for the plants were intended to clean the grids, and were normally carried out on an alternate day per week for 2 to 3 hours/day, between 3 to 4 workers, which means a significant expense in man-hours, electricity generation, operational expenses, among others.

Due to the high cost of manufacturing the full-scale equipment, which it generates, it was decided to manufacture a full-scale prototype on an experimental basis; In which the reduction of labor times by the technical staff is demonstrated, as well as the operation of the mechanism of ascent and descent of the rake in a time interval of 60 to 90 seconds in a vacuum, it should be noted that to have more accurate results and with real load, it is of utmost importance to carry out the construction of the real equipment. For the design it has been taken into account

In the constructive aspects; for the full-scale structural frame there is an estimated weight of 2400 kg (including electromechanical equipment) and for the rake an approximate weight with load of 1000 kg, it should be noted that these data are taken with a design and simulation program.

For the selection of the material for both the rake and the structural frame, A36 steel is being used, because it is a commercial and accessible material on the market.

INTRODUCCIÓN

Las centrales hidroeléctricas de Aricota, situadas en la región sur del Perú, región de Tacna, distrito de Curibaya, poseen un desafío recurrente en este tipo de instalaciones, lo cual es la acumulación de residuos y sedimentos en las rejillas de captación, lo que puede reducir la eficiencia y causar daños a los equipos. En este contexto, el diseño preliminar de un rastrillo mecánico se vuelve fundamental para mejorar la operación de las centrales, al optimizar el proceso de limpieza de estas rejillas y garantizar un flujo de agua sin obstrucciones.

El rastrillo mecánico es un dispositivo diseñado para remover de manera automática y eficiente los desechos que se acumulan en las rejillas de las tomas de agua de las hidroeléctricas. Estas rejillas son esenciales para impedir que sólidos, hojas, ramas y otros materiales entren en los conductos y afecten las turbinas. En el caso de las Centrales Hidroeléctricas Aricota, la implementación de un sistema de rastrillado automatizado no solo contribuiría a la reducción de costos operativos asociados a la limpieza manual, sino que también prolongaría la vida útil de los equipos al disminuir el desgaste provocado por obstrucciones y acumulación de residuos.

El diseño preliminar de este rastrillo mecánico involucra una serie de consideraciones técnicas clave, tales como la capacidad del equipo para operar de manera continua en condiciones climáticas y ambientales adversas, la robustez de sus componentes, y su integración con los sistemas de control de las plantas. Además, es necesario que el sistema se adapte a las características específicas de las rejillas de las Centrales Aricota, que poseen una geometría y tamaño particular. El análisis

de estos factores permitirá desarrollar un prototipo que cumpla con los requerimientos operativos de las plantas, garantizando un funcionamiento eficiente y seguro.

Este proyecto de diseño preliminar no solo tiene implicaciones a nivel técnico, sino también ambientales y económicas. Al mejorar la eficiencia de las plantas hidroeléctricas de Aricota, se optimiza la producción de energía renovable, contribuyendo así a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, al reducir la necesidad de intervenciones manuales, se minimizan los riesgos laborales y se incrementa la seguridad en el entorno de trabajo. Por lo tanto, el desarrollo de este rastrillo mecánico representa una importante innovación tecnológica que beneficiará tanto a las operaciones de las centrales como al entorno natural en el que estas se encuentran.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes del problema a investigar

En las Centrales Hidroeléctricas Aricota existe 3 grupos generadores de energía eléctrica, la cual esta dividida en dos centrales tanto para Aricota 1 de 22.9 MWh y Aricota 2 de 11.9 MWh ,ambos funcionando con turbinas Pelton; en Aricota 1 tenemos 2 de eje horizontal que giran alrededor de 720 RPM, y en Aricota 2 tenemos 1 una sola turbina de eje vertical el cual está conformada de 2 inyectores el cual ,permiten el paso del agua para que este entre a la turbina y convierte la energía hidráulica a energía mecánica-cinética; y posterior a energía eléctrica.

Para que este procedimiento se realiza de forma óptima el paso del agua debe estar lo más limpio posible para evitar dañar los componentes que están dentro del sistema hidráulico, así como la misma rueda Pelton, ya que este al chocar con cuerpos extraños a una alta presión producen daños al cuerpo de la rueda, como en las cucharas y los cangilones, lo cual deterioran el tiempo de uso de la rueda, además de daños internos.

En la actualidad el grupo 3 de Aricota 2 se encuentra detenido por problemas en la tubería forzada, sin embargo, el problema del exceso de residuos sólidos viene desde más antes.

Los trabajadores de la empresa realizan la limpieza de forma diaria e interdiaria, además de hacerlos de forma manual, sin apoyo de maquina automatizadas, es por ende que el presente proyecto no solo plantea poder solucionar un problema operativo en la empresa sino también pretende poder

ayudar al trabajador ; eliminar el peligro y el riesgo de poder sumergirse a realizar la limpieza de la rejilla, ya que al ser un acto sub estándar limita la efectividad del trabajo, además que el traslado de campamento hasta la cámara de carga de Aricota 2 tiene una demora de 10 minutos aproximado siendo el camino muy empinado, generando gasto operativos para el vehículo de traslado de personal.

El presente proyecto tiene como finalidad principal minimizar/eliminar la cantidad de residuos orgánicos que se producen en la rejilla de cámara de carga de Aricota 2, por lo que la maquina a diseñarse para este proceso tendrá que cumplir con ciertos parámetros, como el material a utilizarse entre otros.

En las centrales hidroeléctricas, las rejillas de las cámaras de carga desempeñan un papel crucial al evitar la entrada de sólidos y desechos al sistema hidráulico. Estos sólidos, como ramas, hojas y sedimentos, pueden obstruir las turbinas y reducir la eficiencia operativa de la central, además de causar daños mecánicos significativos. Para garantizar la limpieza efectiva de estas rejillas, se emplean rastrillos diseñados específicamente para remover los sólidos atrapados. El diseño de estos dispositivos debe considerar factores como la geometría de las rejillas, la fuerza necesaria para retirar los sólidos acumulados y la durabilidad frente a condiciones de operación continuas. Un diseño eficiente no solo asegura la operatividad del sistema, sino que también reduce costos operativos y de mantenimiento en la central.

La reducción de sólidos en las rejillas es un aspecto crítico para el desempeño de las centrales hidroeléctricas. Este proceso implica minimizar la cantidad de desechos acumulados en las rejillas, ya sea mediante diseños que faciliten la captura de residuos más grandes o tecnologías que optimicen su

remoción automática. Las características de los sólidos, como su tamaño, densidad y adherencia, influyen en la efectividad del rastrillo utilizado. Por ello, investigar y desarrollar diseños de rastrillos que maximicen la reducción de sólidos en las rejillas no solo mejora la eficiencia de la limpieza, sino que también garantiza la continuidad de la generación de energía, reduciendo tiempos de inactividad y aumentando la vida útil de los equipos.

1.2. Descripción del problema

La excesiva acumulación de algas en las rejillas de cámara de carga provoca una pérdida de flujo constante, y en ciertos casos es sumamente necesario un caudal al flujo constante para poder mantener la producción de energía eléctrica en los parámetros normales, es debido a este principal problema es que se realiza el presente proyecto.

Los grupos generadores en CC. HH Aricota 1 trabajan 24*7, solo se detienen cuando existen paradas programadas por la empresa, para poder realizar mantenimientos preventivos, correctivos, entre otros, es por ende que, debido al uso constante de los equipos, cada componente que intervienen en el proceso de generación necesita estar en óptimas condiciones para evitar el desgaste y la inoperatividad de los equipos además de cumplir con ciertos parámetros del caudal del agua que viene de la tubería forzada.

En la cámara de carga de Aricota 2, lugar donde se embalsa el agua, para distribuirse hacia la tubería forzada, existe abundante partículas y cuerpos extraños que se retienen en la misma rejilla que tiene alrededor de 6m de altura, debido a sus dimensiones y al volumen que posee este llega a una altura de 3m a 4m, pero debido a que las rejillas no detienen en su totalidad los cuerpos extraños

que vienen de la misma laguna, llega a acumularse (en su mayoría algas que se forman por la misma naturaleza del agua, entre otros cuerpos), limitando el flujo del agua.

Este fenómeno origina una pérdida, tanto de presión como de caudal para la turbina de Aricota 2, generando menores revoluciones al grupo de excitación y generación, entre otras pérdidas operativas y mecánicas.

Figura 1

Trabajo de limpieza de rejillas de cámara de carga



Fuente: Elaboración Propia.

En las siguientes imágenes se observan la forma real en la que se ejecuta la actividad, anclada a una línea de vida con apoyo de un rastrillo manual que se sumerge a una poza de agua, además se observan las condiciones inestables a la cual está sometida el trabajador.

Figura 2.

Trabajo de limpieza de rejillas de cámara de carga



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3.

Línea de vida para la ejecución de la actividad



Fuente: Elaboración Propia.

Es por ende el exceso de residuos orgánicos en las rejillas de cámara de carga originan, una pérdida de flujo de caudal para la entrada de la tubería forzada y también para los inyectores, la turbina para que pueda funcionar en condiciones óptimas necesita un mínimo de caudal necesario para y producir el movimiento mecánico en la turbina Pelton, sin embargo, al ver menos caudal, se produce menor presión, y por consecuente tenemos menor número de RPM en la turbina, perdiendo potencia eléctrica. Este problema viene de varios años trabajando en la misma central, ya que el cumulo y el exceso de residuos orgánicos es diario y semanal, por lo que los trabajadores de la misma central realizan la limpieza de forma manual, sumergiéndose en la posa formada en cámara de carga, además de ser un acto subestándar, genera problemas para el trabajador y para la empresa.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

El exceso de acumulación de algas y residuos orgánicos en las rejillas de la cámara de carga de la central hidroeléctrica Aricota 2 provoca una disminución en el flujo de agua, lo que afecta negativamente la presión y el caudal necesarios para la óptima operación de la turbina Pelton, reduciendo la eficiencia en la generación de energía eléctrica. Este problema, persistente a lo largo de los años, no solo impacta la operación continua de los equipos, sino que también conlleva la necesidad de intervenciones manuales para limpiar las rejillas, lo que representa un riesgo para los trabajadores y una práctica subestándar para la empresa.

1.3.2 Problema específico

- Impacto en la eficiencia operativa de los grupos generadores.
- Riesgos asociados al método de limpieza manual.
- Mantenimiento y desgaste de los equipos.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

- Diseño preliminar de un rastrillo mecánico para cámara de carga, al fin de reducir el exceso de algas y residuos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Elaborar la memoria de cálculo del diseño del rastrillo mecánico para cámara de carga de Aricota II.
- Simulación de funcionamiento del diseño preliminar usando programas especializados y prototipado.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

La cámara de carga de Aricota 2, alberga un volumen considerable, dicha cantidad es enviada hacia la tubería forzada de manera constante , donde el flujo de agua pasa de laminar a turbulento, aumentando la velocidad y presión del paso del flujo dentro de la tubería, esta al llegar a casa de maquina se topa con el inyector, encargado de poder controlar el paso del agua hacia la rueda Pelton, a una alta presión, este proceso se da 24x7, por lo que el exceso de partículas extrañas daña el cuerpo de la rueda entre otros mecanismos de la misma turbina.

Cabe resaltar que no es el único problema que se presenta en cámara de carga de Aricota 2, anteriormente se realizaba la limpieza de forma manual, el trabajador realizaba un viaje hacia cámara de carga de Aricota 2, de la misma

forma es para Aricota 1, ambas cámaras de carga se llenan residuos que normalmente comprenden algas, peces, entre otros, que limitan el paso del flujo del agua y son un problema para los grupos generadores

El trabajador se ancla a una línea de vida con su arnés respectivo, posterior a eso se sumerge (en caso ser necesario) hacia la poza formada por agua y realiza el trabajo de limpieza y extracción de los residuos.

Entonces tanto gasto ergonómico, operativos, mecánicos, entre otros, que son arraigantes problemas para la limpieza de los residuos de la cámara de carga. El presente proyecto pretende poder minimizar estos costos y además poder controlar el exceso de residuos para poder cumplir de manera efectiva los gastos operativos.

Tabla 1.

Cantidad de ordenes de trabajo generado para dicha actividad en el año 2022.

"Limpieza de rejillas de Cámara de Carga de Aricota 2"	
MES	CANTIDAD
Enero	41
Febrero	8
Marzo	11
Abril	21
Mayo	28
Junio	15
Julio	19

Agosto	25
Setiembre	40
Octubre	17
Noviembre	3
Diciembre	0
Total	228

Nota: Extraído de la matriz de ordenes de trabajo del año de Aricota (2022).

Tabla 2.

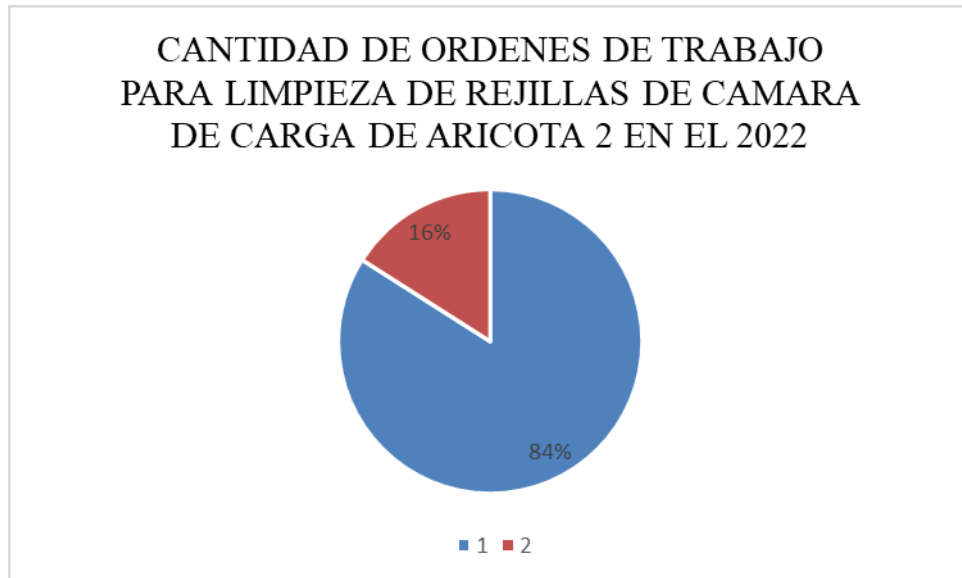
Porcentaje de ordenes de trabajo generado para dicha actividad en el año 2022

Ordenes de trabajo en	Año	Cantidad	Porcentaje
general	2022	1427	84.00%
Ordenes de trabajo para limpieza de rejillas	2022	228	16.0%
Duración	3 horas		
Cantidad de personal	4 técnicos		

Nota: Extraído de la matriz de ordenes de trabajo del año de Aricota (2022).

Figura 4.

Gráfico circular porcentual de ordenes generados para dicha actividad.



Nota: Tomado de la matriz de ordenes de trabajo del año de Aricota (2022).

Del presente cuadro podremos deducir que del 100% de ordenes de trabajo generados en el año 2022 con la actividad “Limpieza de rejillas de cámara de carga de Aricota 2” el 16% son destinados para esta actividad lo cual representa una perdida en tiempos de operación de la central como de personal.

Figura 5.

Orden de trabajo para la ejecución de la actividad.

egesur		ORDEN DE TRABAJO		Nº	02-3-FOR-01
				VERSIÓN:	04
SEDE:	CENTRALES ARICOTA	FECHA:	3/07/2022		
UNIDAD:	SERVICIOS_AUXILIARES_A2	Nº OT	OT - 638 - 2022		
SISTEMA:	SAA2_SistemaHidráulico	SUBSISTEMA:			
NOMBRE EQUIPO:	SAA2_Rejilla				
CÓDIGO:	0				
A) TIPO DE MANTENIMIENTO					
INTERVENCIÓN		¿PROGRAMADO?	SI	X	UBICACIÓN
CORRECTIVO			NO		PLANTA DE BOMBEO
PREVENTIVO					CENTRAL ARICOTA 1
PREDICTIVO		¿REQUIERE AUTORIZACIÓN DEL OPERADOR?	SI		CENTRAL ARICOTA 2
NO APLICA	X		NO	X	LÍNEAS DE TRANSMISIÓN
					SUBESTACIONES
B) ACTIVIDAD O PROCEDIMIENTO A EJECUTAR					
1.-	Limpeza de rejilla cámara de carga A2	INDISPONE GRUPOS	SI		
2.-	-----		NO	X	
3.-	-----	FECHA DE INICIO:	3/07/2022		
4.-	-----	HORA DE INICIO:	5:00 p. m.		
5.-	-----	FECHA DE TÉRMINO:	7/07/2022		
6.-	Orden y limpieza en el área de trabajo	HORA DE TÉRMINO:	7:00 p. m.		
C) ANÁLISIS DE RIESGO					
TIPO DE TRABAJO		¿SE ELABORARÁ ATS?	SI	X	¿EXISTE PETS Y/O INSTRUCTIVO?
TRABAJO DE ALTO RIESGO			NO		SI (ADJUNTAR)
TRABAJO DE BAJO RIESGO					NO
					X
D) PERSONAL RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO O DEL MANTENIMIENTO					
			FIRMA	D.N.I. Nº	
1.-	Alejandro				
2.-	Bernardo				
3.-	Jair				
4.-	Adan				
5.-	-----				
E) EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL					
X	CASCO con accesorios	X	TAPONES		GUANTES DE CUERO MECÁNICO
X	MAMELUCO		ARNES		MÁSCARA DE SOLDA AUTOGE.
X	GUANTES DE BADANA		CORREA PARA LÁMPARA		MÁSCARA DE SOLDAR
X	BOTAS DIELECTRICAS		MORRAL DE LONA		MÁSCARA DE SOLDA AUTOGE.
	LENTES OSCUROS / BLANCOS / AMBAR		PROTECTOR DE OÍDOS		FAJA ERGONÓMICA
	GUANTES DE NITRILLO		MÁSCARA DE GASES		BOTAS DE JEBE
	BINOCULARES		GUANTES DE HILO ELÉC. / MECÁN.		OTROS
F) EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES					
1.-					
2.-					
3.-					
4.-					
5.-					
5.-					
G) INFORME DEL ENCARGADO DEL TRABAJO					
H) OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES / RESTRICCIONES DEL INSPECTOR DEL TRABAJO					
					Firma del Inspector del Trabajo
					N. Apell:
I) EVALUACIÓN DEL TRABAJO					
Estado de Equipo Intervenido:		No Aplica		Fecha de Culminación:	
		Operativo		Hora de Culminación:	
		Inoperativo			
AL INICIO ENCARGADO	AUTORIZACION JEFE DE O&M / SUP. M / S.G. DE P.H.		AL FINALIZAR ENCARGADO	SUPERVISADO JEFE DE O&M / SUP. M / S.G. DE P.H.	
_____	_____		_____	_____	
FIRMA	FIRMA		FIRMA	FIRMA	
N. APELL.	N. APELL.	N. APELL.	N. APELL.	N. APELL.	N. APELL.
FECHA: 3/07/2022	FECHA APROBACIÓN: 3/07/2022	FECHA FINALIZACIÓN: 3/07/2022	FECHA DE INSPECCIÓN: 3/07/2022		

Nota: Tomado de la matriz de ordenes de trabajo del año de Aricota (2022).

1.6. Limitaciones

No se realizará la construcción final del proyecto debido a la alzada suma a la cual se encuentra que se guardará en los anexos.

1.7. Viabilidad del estudio

La construcción del proyecto es en su totalidad factible ya que cuenta con mecanismos y elementos que pueden ser fabricados y elaborados.

1.8. Formulación de hipótesis

El diseño de un rastrillo mecánico de rejillas reducirá la cantidad de algas y residuos en cámara de carga de Central Hidroeléctrica Aricota.

1.9. Variables

- **Variable dependiente:** Diseño de un rastrillo
- **Variable independiente:** Reducción de solidos

1.10. Operacionalización de variables

Tabla 3.

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Diseño de un rastrillo	La configuración física y funcional de un rastrillo utilizado para la reducción de sólidos en la cámara de carga de una central hidroeléctrica.	Características específicas del diseño del rastrillo (material, ergonomía, número y disposición de dientes, peso).	<ul style="list-style-type: none"> • Material del rastrillo (acero inoxidable, aluminio, etc.) • Número y disposición de dientes • Resistencia a la corrosión • Peso del rastrillo
Reducción de sólidos	Disminución en la cantidad de material sólido presente en la cámara de carga de una central hidroeléctrica tras la aplicación del rastrillo mecánico.	Medida de la disminución en peso o volumen de sólidos en la cámara de carga después de usar el rastrillo mecánico.	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de limpieza requerida • Eficiencia de operación del rastrillo • Duración del proceso de limpieza

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del trabajo de investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

“Diseño de mecanismo de limpieza en rejillas de vocal de captación en bocatoma de agua de río, Olmos “

Presentado por: Rodas Vilela, Klever Paul de la Universidad Cesar Vallejo – Perú (2022).

El objetivo general planteado en la investigación fue diseñar un mecanismo de limpieza en rejillas del vocal de captación de agua de río, en Olmos. Se empleó un enfoque cuantitativo, del tipo aplicada, siendo una investigación no experimental y transversal. De los resultados se obtuvo que la capacidad de recojo de residuos sólidos para el mecanismo de limpieza en rejillas del vocal de captación de agua de río es de 105 kg, con un volumen de 1.13 m³. Los elementos de máquina necesarios que formaron parte del mecanismo de limpieza son un rastrillo recolector fabricado en platina de acero A36 de 3/16 pulgadas de largo y 3/32 pulgadas de espesor, donde el factor de seguridad obtenido del análisis estático fue de 3.685, un Winche eléctrico trifásico KDJ WDL-750E1 con una potencia de 3 kW y una capacidad de carga de 750 kg, rodamientos SKF 6001 para la instalación del rastrillo recolector y rodamientos SKF 6202 para la instalación en el carril de deslizamiento de la estructura de soporte, fabricada en acero ASTM 4140 normalizado, donde el factor de seguridad obtenido del análisis fue de 2.1. En relación al sistema eléctrico y de control, se empleó un guardamotor Schneider Electric Telemecanique GV2ME14C con una capacidad de 6 a 10 A, contactor

Schneider Electric LC1DT40ED, con una capacidad de hasta 39 A de corriente cortada, cable INDECO NH-80 6mm², con sus pulsadores de subida, bajada y emergencia, Denor XAL-B324.

2.2.2. Antecedentes internacionales

Antecedentes Internacionales 1:

“Propuesta de un diseño de prototipo de máquina automatizada que limpie los desechos sólidos en las playas de Chipipe de la provincia Santa Elena “

Presentado por: Aleisa Anabel Bardi Coello, Bolívar Gonzalo Gonzales Pinza de la Universidad Politécnica Salesiana-Ecuador (2021)

En la playa de Chipipe-Ecuador, existe alta contaminación y acumulación excesiva de residuos sólidos en la superficie de la playa, es por ende que los tesisistas desarrollan una maquina limpiadora automatizada con el objetivo principal de minimizar o eliminar los desechos que existen en la misma playa o en la superficie de la arena, además de realizar los cálculos respectivos y determinar los costos de implementación y de materiales del proyecto, en donde los principales beneficiados del proyecto son los mismo ciudadanos de Ecuador así como la flora y fauna de la misma zona.

Con el presente proyecto se pretende recoger la basura con un tamaño aproximado entre 3 y 30 cm en diferentes direcciones, guiadas por un vehículo de remolque. Además, que toda la maquina estará comprendida de:

- Estructura metálica
- Bandas Transportadora

- Engranajes
- Motores eléctricos

Finalmente, en las pruebas de su prototipo estimaron una capacidad de carga para su maquinade 150 kg, con una estructura de acero negro galvanizado y acero inoxidable, la banda transportadora con un motor eléctrico de 1HP de potencia, además de constar con garras recolectoras, que cumplen la función principal de arrastre hacia la banda transportadora, siendo el material idóneo para este polipropileno.

Antecedentes Internacionales 2.

“Propuesta de un diseño de prototipo de máquina automatizada que limpie los desechos sólidos en las playas de Chipipe de la provincia Santa Elena “

Presentado por: Aleisa Anabel Bardi Coello, Bolívar Gonzalo Gonzales Pinza de la Universidad Politécnica Salesiana-Ecuador (2021)

En la playa de Chipipe-Ecuador, existe alta contaminación y acumulación excesiva de residuos sólidos en la superficie de la playa, es por ende que los tesisistas desarrollan una maquina limpiadora automatizada con el objetivo principal de minimizar o eliminar los desechos que existen en la misma playa o en la superficie de la arena, además de realizar los cálculos respectivos y determinar los costos de implementación y de materiales del proyecto, en donde los principales beneficiados del proyecto son los mismo ciudadanos de Ecuador así como la flora y fauna de la misma zona.

Con el presente proyecto se pretende recoger la basura con un tamaño aproximado entre 3 y 30 cm en diferentes direcciones, guiadas por un vehículo de remolque. Además, que toda la maquina estará comprendida de:

- Estructura metálica
- Bandas Transportadora
- Engranajes
- Motores eléctricos

Finalmente, en las pruebas de su prototipo estimaron una capacidad de carga para su maquinade 150 kg, con una estructura de acero negro galvanizado y acero inoxidable, la banda transportadora con un motor eléctrico de 1HP de potencia, además de constar con garras recolectoras, que cumplen la función principal de arrastre hacia la banda transportadora, siendo el material idóneo para este polipropileno.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1. Teoría sobre Cámara de Carga

La cámara de carga es una estructura por excelencia de una central hidroeléctrica ,con conducciones relativamente largas, ubicadas al final de esta, por tal motivo ella une un sistema de baja presión (canal de conducción con uno de alta presión (tubería de presión), tal como se ilustra en la imagen, dado que la dinámica del proceso de conversión de energía es gravitacional, las velocidades en las conducciones son diferentes, es decir la velocidad en el canal es baja y en la tubería es alta, por tal motivo en instantes en que se espera el arranque y la parada

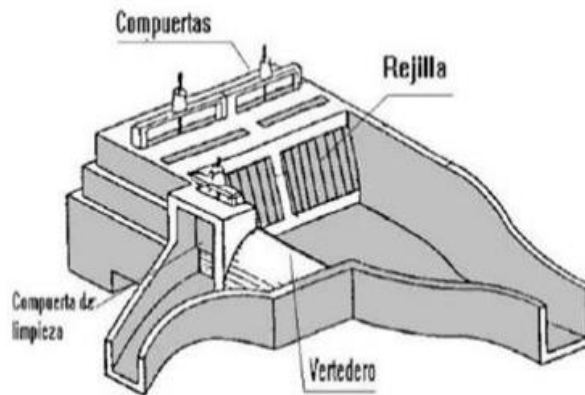
de la centrales hidroeléctricas, el tanque de carga debe disponer de un volumen que garantice estas maniobras.

Para el buen funcionamiento una central hidroeléctrica, la cámara de carga debe cumplir las siguientes funciones.

- Crear un volumen de reserva de agua que permita satisfacer las necesidades de las turbinas durante los aumentos bruscos de demanda.
- Disponer de un volumen que le permita amortiguar el golpe de Ariete, originando por paradas bruscas.
- Mantener sobre la tubería una altura de agua suficiente que evite el ingreso de aire.
- Impedir la entrada a la tubería de presión de elementos solidos de arrastres y flotantes.
- Decantar materiales solidos en suspensión y permitir su lavado.
- Verter el exceso de agua en las horas en las que el caudal de agua consumido por las turbinas es inferior el caudal de diseño.

Figura 6.

Diseño de cámara de carga de una central hidroeléctrica.



Nota: Pequeñas centrales Hidroeléctricas; Tomado de Ortiz, (2011).

Los bastidores para basura, que generalmente consisten en filas de barras paralelas, protegen el equipo y las vías fluviales de desechos perjudiciales o de gran tamaño y actúan como un soporte de seguridad para nadadores o navegantes desprevenidos. Los bastidores para basura están ubicados en la entrada de una vía fluvial o conducto que sirve al equipo. Se pueden instalar rejillas para basura a todas las profundidades de los embalses por motivos de seguridad, ya que los buzos inspeccionan periódicamente las tomas. También se pueden utilizar rejillas para basura para proteger a los peces.

El agua que fluye a través de los contenedores de basura limpios tiene una pérdida de carga insignificante. Sin embargo, los desechos detenidos por los contenedores de basura pueden sufrir pérdidas de carga que casi detienen el flujo del agua. Si es necesario interceptar la basura para que el flujo del agua no se vea obstaculizado, Por lo tanto, se deben proporcionar dispositivos de limpieza para que la basura pueda

retirarse de los estantes de basura. Este dispositivo de limpieza puede ser cualquier cosa, desde un rastrillo manual operado hasta una sofisticada máquina automática accionada hidráulica o eléctricamente.

Los escombros se pueden clasificar en dos categorías:

- Desechos naturales como troncos de árboles, ramas, pasto, musgo y malezas.
- Desechos artificiales como neumáticos, latas de plástico y botellas.

Los desechos naturales son los desechos más comunes que los contenedores de basura deben atrapar. Para las centrales eléctricas de embalses y de pasada, los desechos naturales son más frecuentes durante las condiciones de inundación. Los embalses de lados empinados pueden recibir cargas estacionales de desechos similares a las de la vegetación local, lo que constituye un problema grave en los canales (ASME, 2016).

2.2.2. Diseño en Ingeniería Mecánica

Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y conocimiento son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, la transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y las teorías de la electricidad y de la información. El diseño

en ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina (Shigley et al., 2021).

El diseño de elementos de máquinas es parte integral del más extenso y general campo del diseño mecánico. Los diseñadores y los ingenieros de diseño crean aparatos o sistemas que satisfagan necesidades específicas. En el caso típico, los aparatos mecánicos comprenden piezas móviles que transmiten potencia y ejecutan pausas específicas de movimiento. Los sistemas mecánicos están formados por varios aparatos mecánicos (Mott, 2003).

2.2.3. Teoría sobre rastrillo mecánicos

Los rastrillos mecánicos son dispositivos automatizados diseñados para la recolección y eliminación de materiales sólidos no deseados en diversos entornos industriales y agrícolas. Estos sistemas son fundamentales en sectores como la hidroeléctrica y la agricultura, donde la remoción eficiente de residuos sólidos es crucial para mantener la operación óptima y la seguridad. A continuación, se explora su aplicación en centrales hidroeléctricas y en la agricultura, con referencias visuales y bibliográficas para un entendimiento más profundo.

2.2.4. Rastrillos mecánicos en centrales hidroeléctricas

En las centrales hidroeléctricas, los rastrillos mecánicos se utilizan principalmente para mantener limpias las rejillas de admisión en las cámaras de carga, evitando la acumulación de sólidos que podrían obstruir el flujo de agua hacia las turbinas. Estos sistemas son esenciales para optimizar el rendimiento, proteger los equipos y reducir costos operativos. El diseño de los rastrillos mecánicos en este contexto se

adapta a las condiciones específicas de la planta, considerando el tipo y cantidad de sólidos, el caudal de agua y las dimensiones del área de trabajo.

Asimismo, este tipo de mecanismo se pueden fabricar o clasificar de la siguiente forma:

2.2.4.1 Equipos Hidráulicos

Ventajas:

- Capacidad de extraer desperdicios de gran tamaño y peso, incluso troncos.
- Puede desprender objetos que hayan quedado pegados a la reja.
- El equipo es confiable y resistente

Desventajas:

- Estos limpiarrejas consumen bastante acero en su fabricación.
- Los equipos hidráulicos son costosos y requieren de adecuado mantenimiento.
- El limpiarrejas tiene un tamaño considerable, lo que afecta el montaje, además de que muchas veces no se cuenta con espacio suficiente en la obra de toma para el tamaño de un limpiarrejas hidráulico.
- Las profundidades de limpieza están limitadas a entre 15 y 18 metros, para más alcance debe agregarse

acción telescópica a los brazos, aumentando su costo y complejidad. (Erbisti, 2014)

Figura 7.

Limpiarrejas hidráulico.



Nota: Imagen tomada de IMESA (2022).

2.2.4.2 Equipos de cremallera

En estos equipos un brazo con cremallera es movido por un piñón, solo realiza movimiento de extensión y retracción a lo largo de las rejás.

Ventajas

- Bajo costo de equipos.
- Bajo uso de equipos eléctricos o hidráulicos.

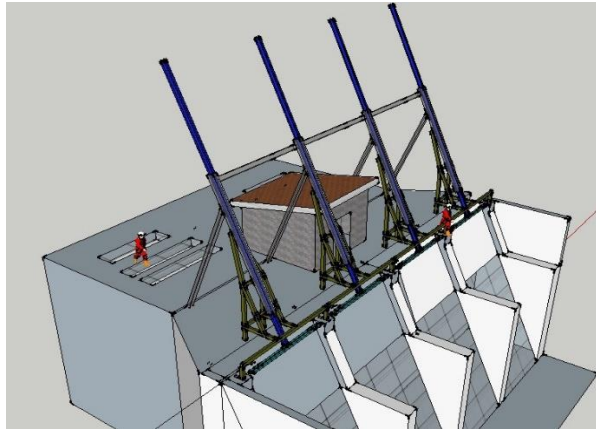
Desventajas

- El montaje debe ser muy preciso, pues la posición y ángulos del brazo debe coincidir con la reja y la obra civil.

- Generalmente los peines no tienen sistema de retención de desperdicios.
- Alto desgaste del conjunto piñón – cremallera.
- No extraen desperdicios de gran tamaño

Figura 8.

Limpiarrejas de cremallera.



Nota: Archivos Saret

2.2.4.3 Equipos de cable

Los limpia-rejas de cable tienen una canasta que corre sobre las rejillas, esta canasta tiene movimiento de retención y es movida por cables.

Ventajas

- Se puede utilizar en bocatomas de gran profundidad, pues esto solo lo limita la extensión de cable.
- Poco uso de acero.
- Puede extraer desperdicios de mediano tamaño

Desventajas

- Alto uso de maquinados.
- La bajada de la canasta puede ser afectada por altas corrientes de agua
- Dificultad para desprender objetos atorados entre las rejas.

Figura 9.

Limpia rejas de cable



Nota: Imagen tomada de LAKESIDE (s.f).

2.2.5. Rastrillos para agricultura

En el ámbito agrícola, los rastrillos son herramientas esenciales para tareas como la recolección de heno, hojas y otros desechos orgánicos, así como para la preparación del suelo. Los rastrillos mecánicos agrícolas se caracterizan por su robustez y eficiencia, permitiendo cubrir grandes extensiones de terreno con menor esfuerzo y tiempo comparado con los rastrillos manuales. Su diseño incluye palas o dientes ajustables y sistemas de tracción que facilitan su operación en diversas condiciones del terreno.

2.2.6. Generalidades de los rastrillos mecánicos

Los rastrillos mecánicos, en general, están diseñados para realizar tareas de limpieza y recolección de sólidos de manera automatizada, mejorando la eficiencia y seguridad en diversas aplicaciones. Su estructura incluye componentes como dientes o palas, sistemas de movimiento (hidráulicos, neumáticos o eléctricos) y controladores automáticos que permiten la operación programada y monitoreada. Estos dispositivos están contruidos con materiales resistentes a la corrosión y desgaste, garantizando su durabilidad en entornos adversos.

2.2.7. Esfuerzo y deformación: Carga Axial

Un aspecto importante del análisis y diseño de estructuras se relaciona con las deformaciones causadas por las cargas que se aplican a una estructura. Es clara la importancia de evitar deformaciones tan grandes que impidan a la estructura cumplir el propósito para el que está destinada. Pero el análisis de las deformaciones también puede ayudar en la determinación de esfuerzos. De hecho, no siempre es posible determinar las fuerzas en los elementos de una estructura aplicando únicamente los principios de la estática. Esto se debe a que la estática se basa en la suposición de estructuras rígidas e indeformables. Considerando las estructuras de ingeniería como deformables y analizando las deformaciones en sus diversos elementos, será posible calcular las fuerzas que son estáticamente indeterminadas. La distribución de esfuerzos en un elemento dado es estáticamente

indeterminada, aun cuando la fuerza en tal elemento se conozca (Beer et al., 2018).

2.2.8. Aumento de la resistencia a la corrosión

Se van a tener en cuenta los siguientes métodos para disminuir o evitar la corrosión de los metales que forman parte de la estructura principal:

- **Galvanizado:** Es un proceso de recubrimiento de la estructura metálica con zinc. El proceso que se realiza a 450 °C aproximadamente, el zinc se adhiere al acero mediante una reacción química a dicha temperatura. El zinc se oxida, pero la capa de óxido que forma resulta ser protectora del metal recubierto, evitando o disminuyendo considerablemente su oxidación.

Este recubrimiento es altamente efectivo en condiciones de humedad, condiciones ambientales agresivas como las del presente proyecto, existen además en el medio diversas empresas dedicadas a este rubro y los costos son manejables para un proyecto de estas dimensiones. Este proceso es adecuado para la protección de la mayor parte de la estructura principal. El inconveniente que se va a presentar es en los puntos de soldadura y sujeción, en estos puntos el galvanizado se perderá con mayor rapidez por fricción (aprietes) o por calor (soldaduras), creando de esta forma zonas expuestas a la corrosión, un tratamiento adicional de pintura anticorrosiva puede mejorar la resistencia total de la estructura luego del galvanizado.

2.3 Definiciones conceptuales

Hidroeléctrica; Lugar donde se aprovecha el recurso hídrico como fuente fuerte (energía hidráulica) convirtiéndolo a energía mecánica para poder generar energía eléctrica (Ortiz, 2011).

Potencia Eléctrica; Esta unidad es producida por el sistema de excitación y generación, y dependerá de la velocidad generada y la fuerza sobre el eje de rotación (Fraile, 2007).

Tubería forzada; Elemento por la cual circula un líquido, mediante el cual el agua adquiere una energía cinética por la misma pendiente o inclinación en la que se encuentra, formando una presión constante para convertirlo a energía mecánica (Ortiz, 2011).

Potencia nominal; Unidad de producción estándar o constante que se da en los grupos de generación (Ortiz, 2011).

Cámara de Carga; Embalse de agua formado por un caudal y volumen dentro de una cámara, encargado de almacenar el agua para posteriormente enviarlo a tubería forzada (Ortiz, 2011).

Rejilla de separación; Conjunto de láminas o pletinas encargadas de retener los residuos que vienen a cámara de carga (Ortiz, 2011).

Generador eléctrico; Equipo electromecánico encargado de convertir de la energía mecánica a energía eléctrica (Fraile, 2007).

Grupo de excitación; Encargado de producir la corriente necesaria compuesto por los carbones que giran alrededor del rotor (Fraile, 2007).

Brida; Unión mecánica que se usa para tubería u otros elementos mecánicos (Shigley et al., 2021).

Turbina; Elemento mecánico encargado de recibir el agua compuesto por cucharas y cangilones que permiten la recepción del fluido (Ortiz, 2011).

Inyector de agua, Mecanismo encargado ingresar el agua regulada hacia la rueda y producir la energía mecánica necesaria para su rotación (Ortiz, 2011).

Esfuerzo (σ): Fuerza aplicada por unidad de área en un material. Se expresa en unidades de presión (N/m² o psi).

$$\sigma = F / A \quad [1]$$

Donde

σ = Esfuerzo (en N/m² o psi)

F = Fuerza aplicada (en N o lb)

A = Área sobre la que se aplica la fuerza (en m² o in²).

(Shigley et al., 2001)

Deformación (ϵ): Cambio relativo de longitud o volumen de un material debido a la aplicación de esfuerzos.

$$\epsilon = \Delta L / L \quad [2]$$

Donde:

ϵ = Deformación unitaria

ΔL = Cambio en la longitud del material

L = Longitud original del material

(Shigley et al., 2001)

Módulo de Elasticidad (E): Medida de la rigidez de un material, que indica la relación entre esfuerzo y deformación elástica.

$$E = \sigma / \varepsilon \quad [3]$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad (en N/m² o psi)

σ = Esfuerzo (en N/m² o psi)

ε = Deformación unitaria (adimensional)

(Shigley et al., 2001)

Coefficiente de Poisson (v): Relación entre las deformaciones transversales y longitudinales de un material bajo esfuerzo.

$$v = -\varepsilon_t / \varepsilon_l \quad [4]$$

Donde:

v = Coeficiente de Poisson (adimensional)

ε_t = Deformación transversal (adimensional)

ε_l = Deformación longitudinal (adimensional)

(Shigley et al., 2001)

Carga Axial (P): Fuerza aplicada a lo largo del eje longitudinal de una estructura.

$$P_a = \sigma \cdot A \quad [5]$$

Donde:

Pa: Carga axial (N o lb).

σ : Esfuerzo normal (N/m² o psi).

A: Área transversal de la barra (m² o in²).

(Shigley et al., 2001)

Momento Flector (M): Torsión aplicada a una viga que causa flexión.

$$M = F * d \quad [6]$$

Donde:

M = Momento flector (en Nm o lb·in)

F = Fuerza aplicada (en N o lb)

d = Distancia desde el punto de aplicación de la fuerza hasta el punto de referencia (en m o in)

(Shigley et al., 2001)

Esfuerzo Cortante (τ): Esfuerzo que actúa tangencialmente en una sección transversal de un material.

$$\tau = F / A \quad [7]$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante (en N/m² o psi)

F = Fuerza cortante aplicada (en N o lb)

A = Área de la sección transversal (en m² o in²)

(Shigley et al., 2001)

Torsión (T): Momento aplicado a lo largo del eje longitudinal de una barra cilíndrica.

$$T = F * r \quad [8]$$

Donde:

T = Torsión (en Nm o lb·in)

F = Fuerza aplicada (en N o lb)

r = Radio de la sección transversal (en m o in)

(Shigley et al., 2001)

Factor de Seguridad (FS): Relación entre la carga máxima que puede soportar un material y la carga de diseño.

$$FS = \text{Carga de ruptura} / \text{Carga de diseño} \quad [9]$$

Donde:

FS = Factor de seguridad (adimensional)

Carga de ruptura = Carga máxima que puede soportar el material (en N o lb)

Carga de diseño = Carga prevista durante el uso normal (en N o lb)

(Shigley et al., 2001)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Planteamiento metodológico

3.1.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

El tipo de la investigación es aplicada, porque tiene como objetivo resolver un problema práctico específico, el cual es reducir la acumulación de algas y residuos orgánicos en las rejillas de la cámara de carga, mediante el diseño de preliminar de un rastrillo mecánico.

El nivel de investigación es aplicativo porque busca proponer la representación gráfica y esquemática de la cámara de carga de Aricota II, empleando diseño de cálculo y simulación asistida por computadora, usando programas especializados.

El diseño de investigación de la presente Tesis es Cuantitativo, del tipo diseño experimental, debido a que se pueden controlar una o más variables de manera intensional.

3.2 Población y muestra

Muestra: Numero de ordenes de trabajo de limpiezas manuales generados en el año 2022 (Extraído de la matriz de ordenes de trabajo de Central Hidroeléctrica Aricota)

Población: Cámara de Carga de Aricota 2 -Central Hidroeléctrica Aricota.

Se escoge la Cámara de Carga de Aricota II debido a que es un embalse donde se acumula el agua antes de pasar por la tubería forzada y luego pasar a las respectivas turbinas Pelton de los grupos generadores.

Cabe resaltar que en cámara de carga existe unas rejillas que evitan el paso de residuos entre otros. Este sistema funciona las de manera continua por lo que la acumulación de algas y residuos es constante es por eso que se elige como muestra la cámara de carga de Central Hidroeléctrica Aricota 2 (Sistema extraído de Central Hidroeléctrica Aricota 2)

3.3 Equipos y materiales

No aplica

3.4 Procedimiento de las pruebas experimentales

- Memoria de cálculo y modelamiento del rastrillo
- Simulación
- Prototipado y pruebas de funcionamiento

3.5 Técnicas de Recolección de datos

- En el modelo a escala se tomará en cuenta los siguientes parámetros o datos para poder analizar a detalle:
- Tiempo promedio por operación: Tiempo necesario para completar la limpieza (modelo a escala real y modelo prototipo).
- Volumen/peso de residuos retirados: Relación entre el tiempo y la cantidad de residuos (modelo a escala real).
- Eficiencia del rastrillo: Porcentaje de residuos retirados respecto al total introducido (modelo a escala real).

- Resistencia mecánica: Análisis del desgaste y capacidad de respuesta del prototipo (modelo a escala real).

3.6 Técnicas para el procesamiento de datos

En el presente trabajo se desarrollará de la mano con el software de simulación Autodesk Inventor 2022, que es de amplio uso en el ámbito académico y profesional. Mediante esta herramienta se puede crear una representación virtual del producto o diseño a desarrollar, además tiene numerosas herramientas útiles en ingeniería, asignación de materiales con su respectivo cálculo de pesos totales, análisis de esfuerzos estáticos y dinámicos mediante elementos finitos, la posibilidad de generar planos a partir del diseño tridimensional, estructuras soldadas y más.

En suma, la gama de posibilidades para aligerar el diseño de estructuras es la mejor recomendación que se puede hacer con respecto a este software. Es cierto que existen otros programas con funcionalidades similares, pero la interfase amigable de este programa parece ser superior a los demás, con sugerencias interactivas al posicionar el mouse en algún icono o botón, esta última característica lo hace más atractivo que los demás programas.

Por otro lado, la imposibilidad de crear un prototipo a escala real conlleva al uso de este tipo de software, la experiencia está enseñando a los diseños y resultados generados por este programa es altamente confiable con respecto a resultados reales, con grados de desviación despreciables en general.

En el presente trabajo, se ha realizado el análisis de esfuerzos, para la estructura principal y para el rastrillo, además se interpretan los resultados analizando las gráficas generadas por el software.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Descripción de las pruebas experimentales

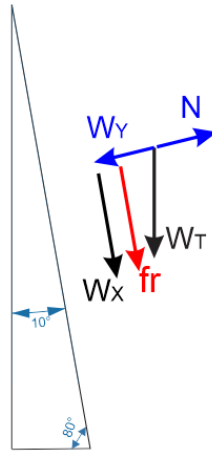
4.1.1. Cálculo de cargas y esfuerzo para el diseño de análisis estructural

Se ha trabajado previamente el mecanismo en software de diseño mecánico (Autodesk Inventor), mediante esta herramienta se ha calculado el peso del rastrillo debido a los materiales, el cual resultó ser de 647 kg, incluyendo mecanismo móvil, además se considera un peso aproximado de 100 kg de desechos por cada barrido y una fuerza adicional de fricción equivalente al 10% del total.

También se tiene, según diseño, una inclinación de 10°, como estándar (ángulo aproximado de rejillas de cámara de carga), aunque esta puede variar. Entonces se tiene en la Figura 1, idealmente, el siguiente esquema:

Figura 10.

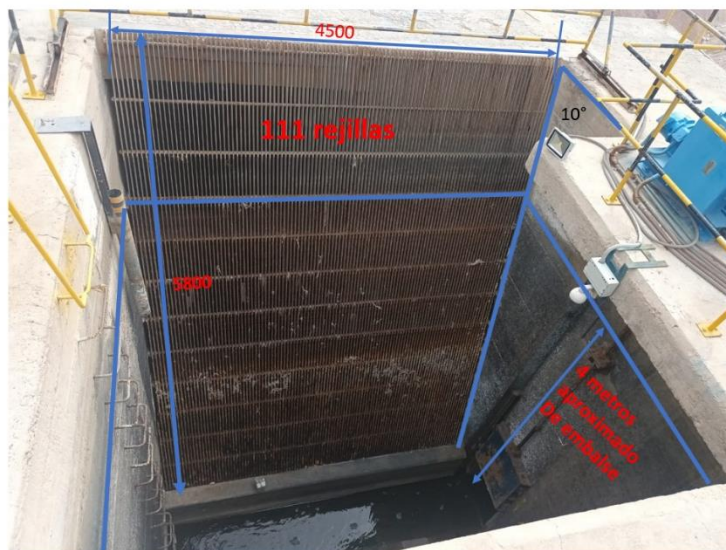
Distribución de fuerzas



Nota: Elaboración propia

Figura 11.

Rejillas de cámara de carga de Central hidroeléctrica Aricota 2.



Nota: Centrales Hidroeléctricas Aricota 2

En donde, el peso total es kgf, es:

$$W_T = 647 \cdot 9.81 \text{ N} + 100 \cdot 9.81 \text{ N} \Rightarrow \mathbf{W_T = 747 \cdot 9.81 \text{ N}}$$

La fuerza del peso en dirección paralela al plano inclinado es:

$$W_X = 747 \cdot 9.81 \text{ N} \cdot \text{seno}(80^\circ) \Rightarrow \mathbf{W_X = 735.65 \cdot 9.81 \text{ N}}$$

La fuerza del peso en dirección perpendicular al plano inclinado es:

$$W_Y = 747 \cdot 9.81 \text{ N} \cdot \text{cos}(80^\circ) \Rightarrow \mathbf{W_Y = 129.72 \cdot 9.81 \text{ N}}$$

Ahora, consideramos un 30% de esta fuerza, como la fuerza de oposición al movimiento por obstáculos y arrastre, entonces:

$$f_r = 0.30 \cdot W_X = 0.30 \cdot 735.65 \cdot 9.81 \text{ N} \Rightarrow \mathbf{f_r = 220.70 \cdot 9.81 \text{ N}}$$

Luego la fuerza total que deben realizar los elementos de arrastre (cables de acero y motores), es:

$$F_T = 735.65 \cdot 9.81 \text{ N} + 220.70 \cdot 9.81 \text{ N} \Rightarrow \mathbf{F_T = 956.35 \cdot 9.81 \text{ N}}$$

Redondeando esta cantidad a 1000 kgf, se tiene entonces:

$$\mathbf{F_T = 1000 \cdot 9.81 \text{ N}}$$

Vamos a partir desde el punto de la operación segura y considerar una velocidad de elevación $V = 0.5 \text{ m/s}$, de forma que para desplazar la carga que representan F_T , se necesita una potencia total de:

$$P_T = F_T \cdot V$$

$$\Rightarrow P_T = 1000 \cdot 9.81 \text{ N} \cdot 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow P_T = 4905 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} \Rightarrow$$

$$P_T = 4.905 \text{ W} \Rightarrow \mathbf{P_T = 4.9 \text{ kW}}$$

Esta potencia calculada para la velocidad de diseño (0.5 m/s) puede ser menor según el equipo que se vaya a seleccionar y esto hará que la potencia sea menor también. Sin alejarnos mucho de la velocidad de diseño, se pueden elegir equipos de menor potencia. Entonces, se va a tomar este valor hallado como una referencia para la selección del motor elevador o winche, lo más importante es que este tenga una capacidad de carga mayor o igual a la carga de diseño (1000 · 9.81 N) Puesto que deben ser dos motores, uno para cada cable extremo, entonces cada motor debe tener una capacidad de carga mínima de 500 kg.

4.1.2. Selección de motores elevadores

Los dos (2) motores elevadores, como se ha determinado para la carga de diseño (1000 kgf), deben tener una capacidad de carga mínima de 500 kg, en el mercado existen modelos variados que cumplen con esta característica principal.

En el presente caso se ha optado por un Modelo similar al de la Figura 12, con capacidad máxima de carga de 750 kg y un variador de velocidad o frecuencia que lo hace ideal para este tipo de aplicación en

donde la carga, y por lo tanto la fuerza de izaje, puede variar. Se detallan a continuación las especificaciones técnicas del equipo:

- Marca: Prowinch
- Velocidades entre 2 m/min y 15 m/min (0.033 m/s y 0.25 m/s)
- Fases 208~240/440 ~ 480 V 50/60Hz

Figura 12.

Winche Con Capacidad Máxima De 750 Kg Y Variador De Velocidad.



Fuente: Extraído de PROWINCH (s.f). <https://prowinch.pe>

Como se puede observar, la velocidad máxima de 0.25 m/s tendrá el efecto de disminuir de llevar la potencia hasta 1.9 kW como máximo, con los dos motores necesarios esto llevara a tener una potencia de 3.8 kW, y esta menor velocidad de operación es conveniente para la seguridad de la estructura y de los operarios.

4.1.3. Análisis de esfuerzos de estructura móvil

Mediante software, con las consideraciones expuestas, puesto que la operación del mecanismo se realiza a velocidad constante, esta situación es análoga a un escenario de análisis de fuerzas estáticas.

Con el fin de realizar el análisis, se hace la conversión de las fuerzas que intervienen, de la siguiente forma:

$$F_T = 956.35 \text{ kgf} = 956.35 \text{ kgf} \cdot \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} = 9381.80 \text{ N} \Rightarrow$$

$$F_T = 9381.80 \text{ N}$$

$$W_Y = 129.72 \text{ kgf} = 129.72 \text{ kgf} \cdot \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} = 1272.55 \text{ N} \Rightarrow$$

$$W_Y \cong 1273 \text{ N}$$

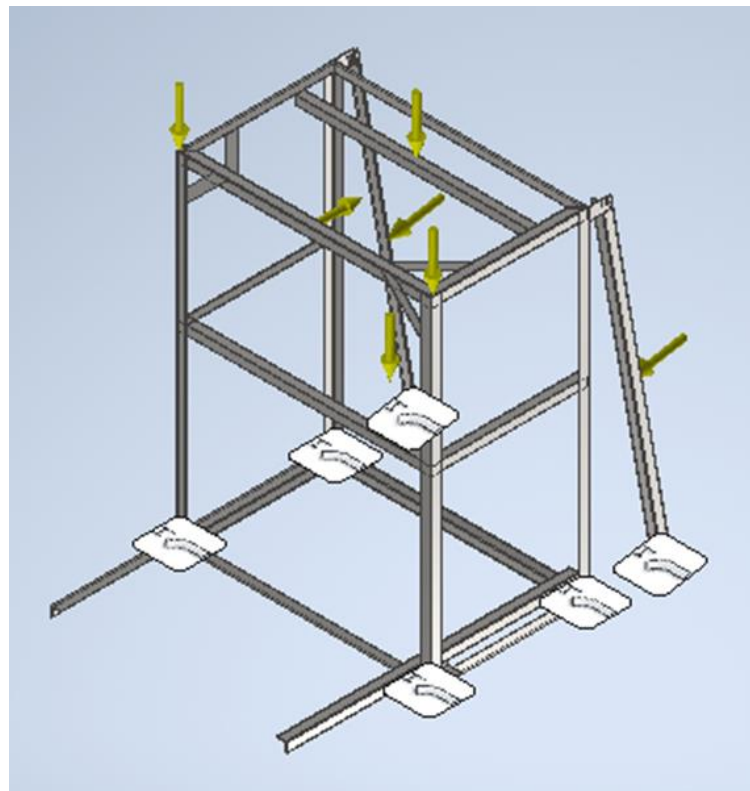
La fuerza $F_T = 9381.80 \text{ N}$, se transmite mediante las poleas, al elemento estructural horizontal del marco superior (fuerza horizontal de la figura 2), la fuerza $W_Y \cong 1273 \text{ N}$, ligeramente inclinada, se transmite equitativamente a los elementos estructurales inclinados, como se puede ver en la misma figura, además se toma en cuenta la influencia del peso de la estructura en el cálculo de las resistencias.

Los equipos, dos winches para el movimiento ascendente o descendente del rastrillo y un polipasto para la descarga de los residuos, suponen una carga aproximada de 300 kg, las cuales se han considerado también en el esquema de fuerzas aplicadas a la estructura.

La estructura, además, esta reforzada mediante travesaños intermedios y platinas a 45° en el marco superior y el marco posterior los detalles se ven en la Figura 13.

Figura 13.

Fuerzas aplicadas a la estructura.



Fuente: Elaboración propia.

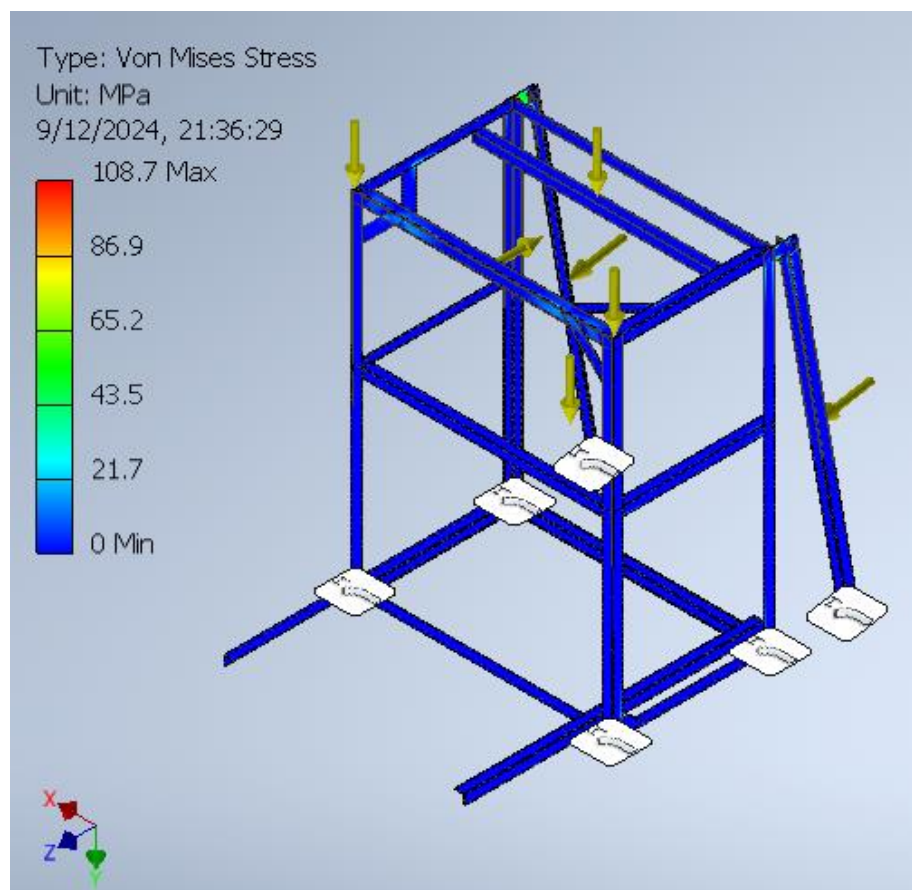
Se recurre al análisis computacional puesto que esta es una estructura compleja, y sin esta herramienta el trabajo seria extenso demandando mayor tiempo en la consecución de resultados

En la Figura 14 se pueden notar un esfuerzo máximo de 108.7 MPa, este esfuerzo se presenta en la las uniones y esquinas internas de la estructura, considerando un esfuerzo de fluencia típico del acero de 250 MPa, se tiene un factor de seguridad:

$$FS = \frac{\sigma_f}{\sigma_w} = \frac{250 \text{ MPa}}{108.7 \text{ MPa}} \Rightarrow \mathbf{FS = 2.3}$$

Figura 14.

Esfuerzos De Von Mises.



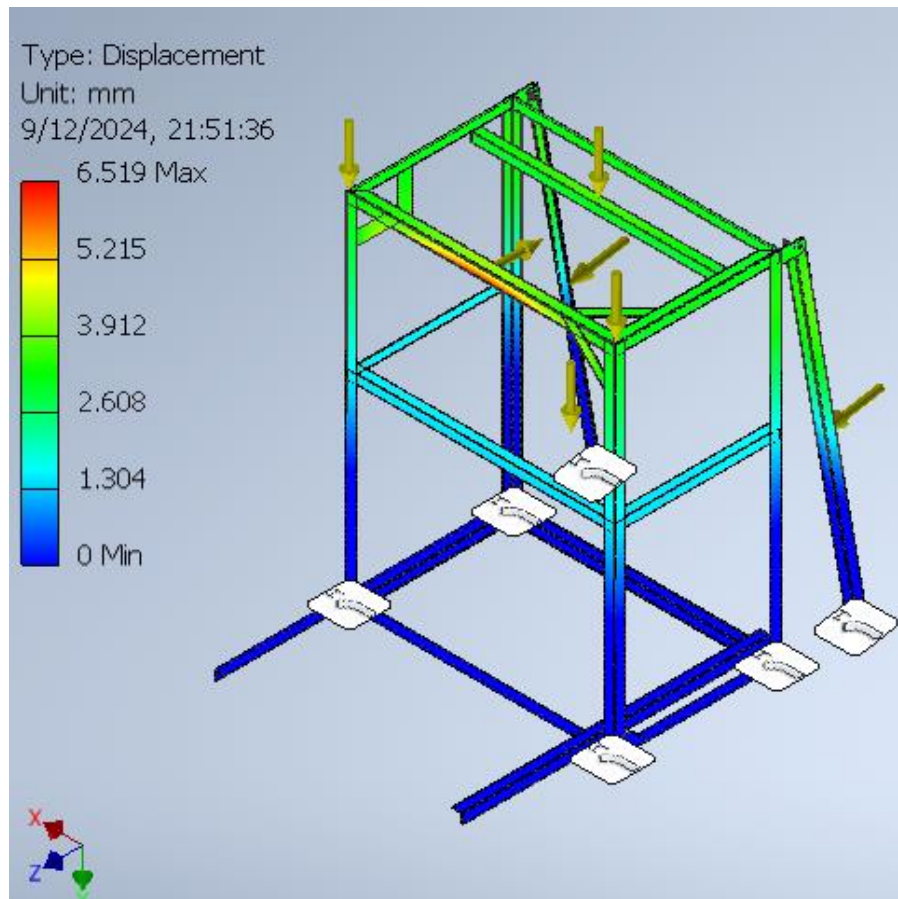
Fuente: Elaboración propia.

En ingeniería es casi una norma tener un factor de seguridad que oscile entre 2 y 3, por lo tanto, este factor cumple con esta exigencia, la estructura es segura.

En las Figuras 13 y 14 se ven los desplazamientos máximos en mm y el factor de seguridad de los diferentes puntos de la estructura, se tienen valores mínimos acordes con el funcionamiento del mecanismo.

Figura 15.

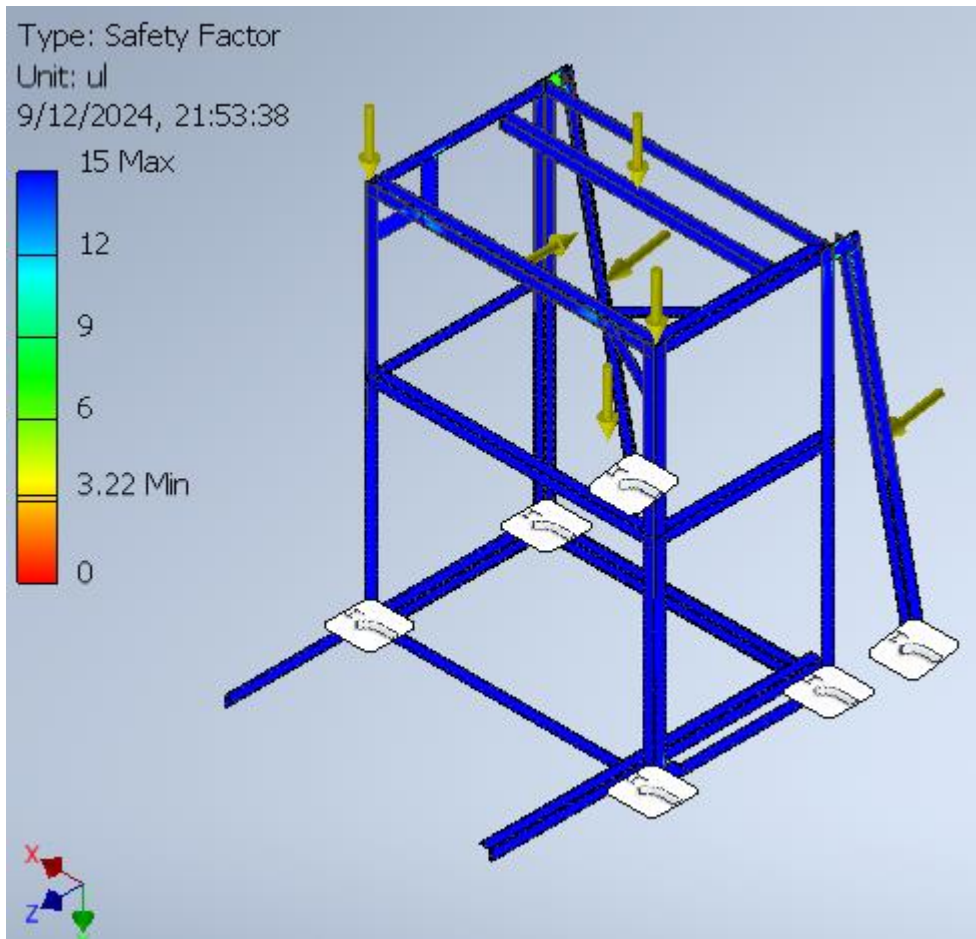
Desplazamiento De La Estructura.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16.

Factor De Seguridad



Fuente: Elaboración propia.

El análisis computacional de la estructura ha resultado en altos valores del factor de seguridad, incluso en los puntos críticos se tienen valores cercanos a 3, por lo tanto, este análisis confirma, teóricamente, que la estructura es segura y cumple con su cometido

Para el marco estructural:

Considerando los aceros que se comercializan en el mercado nacional, se ha elegido el acero ASTM A36, dicho acero presenta una resistencia típica a la tracción de 250 MPa, y como se ha constatado en el análisis estructural es suficiente para asegurar la resistencia de la estructura principal. A continuación, se detalla medidas y materiales de los componentes de dicha estructura.

- Marco estructural superior, en donde se van instalar motores, consta de ángulos estructurales de acero A36, de dimensiones 4"x4"x3/8"- 2600mm x 1600 mm y refuerzos en ángulo a 45° con platinas de acero A36 y dimensiones de 100 mm x 8 mm
- Columnas de la estructura, ángulo estructural de acero A36, de dimensiones 4"x4"x3/8 – 3500mm acero A36, de dimensiones 4"x4"x3/8"- 2600mm x 1600 mm, reforzadas por travesaños a 1500 mm del marco superior fabricados con el ángulo estructural mencionado
- Patas inclinables de la estructura de acero A36, 4"x4"x3/8"- 3600mm

Para el cable acerado del winche:

En la Figura 7 se muestra la elección considerada para los cables de izado en los winches y polipasto, de clasificación 8x19 alma de fibra acero de tracción tipo elevador.

Aunque de hecho estos equipos deben traer consigo los cables adecuados para la carga de diseño, en estos cálculos se tiene un apoyo

para verificar que dichos cables cumplirán con los parámetros considerados en el presente trabajo

Entonces, considerando dos motores de elevación, la fuerza horizontal $F_T=9381.80$ N se distribuye equitativamente entre ambos motores y, por lo tanto, entre los cables de izado o elevación. Luego cada cable debe soportar la mitad de esta fuerza, entonces el esfuerzo axial que se realiza se calcula de la siguiente forma:

$$\sigma_a = \frac{(F_T/2)}{\text{Area del cable}} = \frac{(F_T/2)}{\pi \cdot D^2/4}$$

Siendo D el diámetro del cable.

Por ejemplo, de la Figura 7, para el cable de $D = 6.4$ mm = 0.0064 m, se tiene:

$$\sigma_a = \frac{(F_T/2)}{\text{Area del cable}} = \frac{(9381.80 \text{ N} / 2)}{\pi \cdot (0.0064 \text{ m})^2 / 4}$$

$$\sigma_a = 145816391 \text{ Pa} \equiv 145.82 \text{ MPa} \Rightarrow$$

$$\sigma_a = 145.82 \text{ MPa}$$

Esto asegura que el esfuerzo axial que soporta el cable para el presente diseño no es mayor al típico del acero (250 MPa).

Ahora, FC es la fuerza que soporta cada cable, es decir, la mitad de FT, entonces:

$$FC = F_T/2 = 9381.80 \text{ N} / 2 = 4690.9 \text{ N}$$

Convirtiendo a kgf y luego a Tn:

$$FC = 4690.9 \text{ N} \cdot \frac{1 \text{ kgf}}{9.81 \text{ N}} = 478.18 \text{ kgf} \cdot \frac{1 \text{ Tn}}{1000 \text{ kgf}} = 0.478 \text{ Tn} \Rightarrow$$

$$\mathbf{FC = 0.478 \text{ Tn}}$$

Luego, tomando la resistencia a la ruptura correspondiente (Figura 7), el Factor de Seguridad, FS, para ese primer diámetro es:

$$FS = \frac{\text{Resistencia a La Ruptura en toneladas}}{FC} = \frac{1.64 \text{ Tn}}{0.478 \text{ Tn}} \Rightarrow$$

$$\mathbf{FS = 3.43}$$

De igual forma se han hallado los valores para los distintos diámetros de cable mostrados en la Figura 7, los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4.

Cables de Acero

Diámetro (m)	FT (N)	Esfuerzo Axial (MPa)	Fuerza (kgf)	Resistencia a la Ruptura (Ton)	Factor de seguridad
0.0064	9381.8	145.82	478.18	1.64	3.43
0.008	9381.8	93.32	478.18	2.55	5.33
0.0095	9381.8	66.18	478.18	3.75	7.84
0.0115	9381.8	45.16	478.18	5.00	10.46
0.013	9381.8	35.34	478.18	6.60	13.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.

Selección de Cables tipo elevador

Clasificación de cable 8 x 19 (Alma de acero) tipo elevador			
Diámetro (mm)	Diámetro (pulgadas)	Peso aproximado en (kg /metro)	Resistencia a la ruptura en (Ton)
6.4	¼	0.14	1.64
8	5/16	0.22	2.55
9.5	3/8	0.33	3.75
11.5	7/16	0.45	5.00
13	½	0.58	6.60
14.5	9/16	0.74	8.40
16	5/8	0.91	10.50
19	¾	1.31	14.50
22	7/8	1.79	19.10
26	1	2.34	24.50

Fuente: Elaboración propia.

Aunque el primer cable de diámetro 6.4 mm (0.0064 m) tiene un buen factor de seguridad (3.43), para ser conservadores, se va a elegir cable de 8 mm cuyo factor de seguridad es 5.33.

Para la selección de poleas:

Para cables 8x19, en la tabla 6 se muestran los valores de diámetro de polea para el cable seleccionado. En la fila 13 del contenido

de la tabla (8x19 Filler) se tienen los valores recomendados (R) y mínimo aceptable (A) del diámetro de la polea en función del diámetro nominal del cable seleccionado (d)

Tabla 6.

Selección diámetro de polea.

Construcción del cable	D (Diámetro de poleas)	
	Recomendado	A (mínimo aceptable)
6 x 7	72 x d	42 x d
6 x 17 seale	56 x d	37 x d
6 x 19 seale	51 x d	34 x d
6 x 21(6 x16 filter)	45 x d	30 x d
6 x 26 Warrington Seale	42 x d	28 x d
6 x 25 (6 x 19 Filter)	41 x d	27 x d
6 x 31 Warrington Seale	38 x d	25 x d
6 x 36 Warrington Seale	31 x d	21 x d
6 x 41 Warrington Seale	28 x d	19 x d
6 x 43 Filter Seale	31 x d	21 x d
6 x 49 Filter Seale	28 x d	19 x d
8 x 19 Seale	36 x d	24 x d
8 x 25 (8 x 19 Filter)	29 x d	19 x d
18 x 7 Resistente a la rotación	51 x d	36 x d

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, en el presente caso, el valor recomendado es $29 \cdot d$ y el mínimo es $19 \cdot d$, entonces, siendo $d = 8 \text{ mm} = 0.008 \text{ m}$, el diámetro de polea recomendado es:

$$D_R = 29 \cdot d = 29 \cdot 0.008 \text{ m} = 0.232 \text{ m} \Rightarrow$$

$$D_R = 0.232 \text{ m} \equiv 232 \text{ mm}$$

El diámetro mínimo aceptable:

$$D_A = 19 \cdot d = 19 \cdot 0.008 \text{ m} = 0.152 \text{ m} \Rightarrow$$

$$D_R = 0.152 \text{ m} \equiv 152 \text{ mm}$$

Se elige una polea con diámetro **$d = 160 \text{ mm}$**

4.1.5. Cálculo de motores para el movimiento de la estructura

Este motor va instalado en la parte inferior de la estructura principal, soportan el peso de la estructura y equipos. Mediante el software de cálculo estructural y considerando además el peso de equipos (300 kgf) se tiene un peso estimado de 2400 kg. Se va a suponer un coeficiente de roce típico de la superficie de 0.3, entonces, el peso igual a la normal, por lo tanto, la fuerza de roce a vencer es:

$$f = 0.3 * 2400 \text{ kgf} = 720 \text{ kgf}$$

esto convertido a Newtons:

$$f = 720 \text{ kgf} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 7063.2 \text{ N}$$

suponiendo que el movimiento es muy lento, 0.5 m/s, la potencia total para realizar el movimiento de tolva y rastrillo:

$$P_{TM} = f \cdot V = 7063.2 \text{ N} \cdot 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow$$

$$P_{TM} = 3531.6 \text{ Watts} = 3.532 \text{ KW}$$

4.1.6. Selección de motores para movimiento de la estructura 2 KW (2.7 HP)

Modelo igual o similar al de la figura 17.

Figura 17.

Motores NEMA De 0.33 HP A 25 HP.



Nota: Extraído de Motorex, (2024). <https://motorex.com.pe/>

4.1.7. Selección del polipasto para mecanismo de volteo de rastrillo

Puesto que el rastrillo más el peso de los residuos sólidos pueden llegar a pesar 600 kg como máximo, se debe considerar un polipasto de 1 TN como mínimo.

Figura 18.

Polipasto 1 TN.



Nota: Extraído de Truper (2024). <https://www.truper.com>

Se detallan a continuación las especificaciones técnicas del polipasto

- Marca: Truper
- Capacidad línea doble: 1000 kg (1Tn)
- 1 fase 127V / 60Hz
- Peso: 29 kg
- Potencia: 1.5 kW

4.1.8. Análisis de esfuerzos sobre el rastrillo

Sobre el rastrillo actúan fuerzas iniciales equivalente a la fuerza sobre los cables de arrastre, el peso y la fuerza de fricción de los residuos y el contacto del rastrillo con las rejillas. Esta fuerza de fricción dificulta el movimiento hacia arriba. Puesto que es sabido que, la fuerza

estática de movimiento inicial siempre es mayor que la fuerza cinética o de movimiento, se realiza un análisis estático al inicio del movimiento del rastrillo.

Con el fin de realizar el análisis, se hace la conversión de las fuerzas que intervienen, de la siguiente forma:

$$F_T = 956.35 \text{ kgf} = 956.35 \text{ kgf} \cdot \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} = 9381.80 \text{ N} \Rightarrow$$

$$F_T = 9381.80 \text{ N}$$

Esta fuerza se distribuye equitativamente entre los dos cables extremos como una tensión:

$$T = \frac{F_T}{2} = 4690.90 \text{ N}$$

Además, según posición del diseño del rastrillo en Autodesk Inventor, la fuerza anterior se descompone, para cada cable, en:

$$T_x = 4619.63 \text{ N}$$

$$T_z = -814.57 \text{ N}$$

La fuerza de fricción

$$f_r = 220.70 \text{ kgf}$$

se convierte y se descompone:

$$f_r = 220.70 \text{ kgf} \cdot \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} = 2165.07 \text{ N}$$

$$f_{rx} = -2132.18 \text{ N}$$

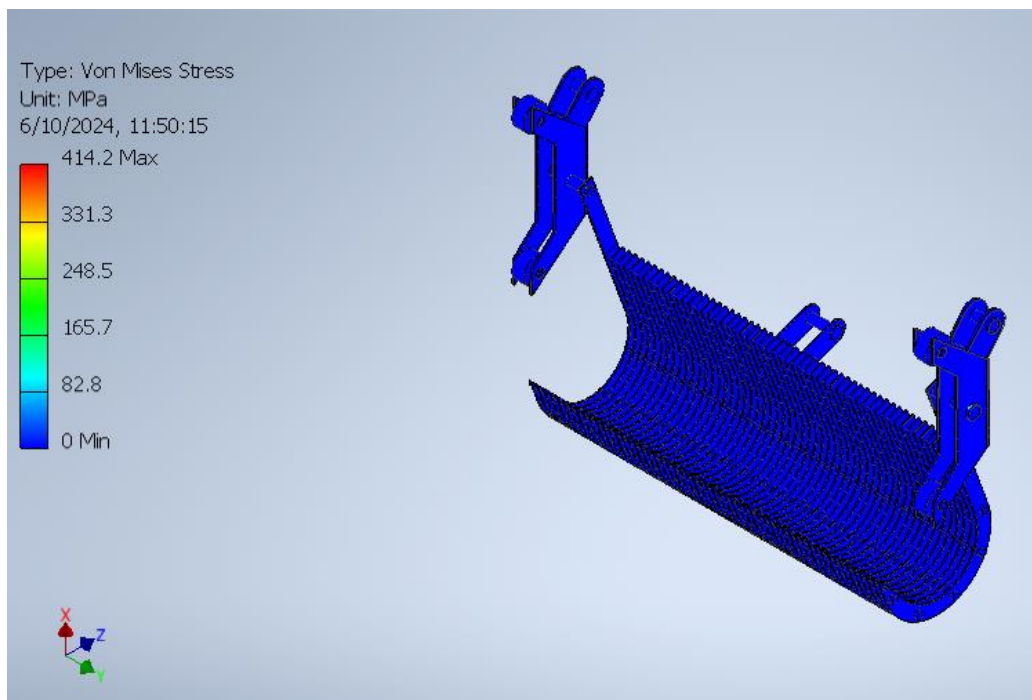
$$f_{rZ} = 375.96 \text{ N}$$

Los puntos de contacto de la estructura con tierra deben estar en los apoyos de las ruedas y en el apoyo del rastrillo sobre las rejillas.

Por último, en el software, según la posición del diseño, se considera la fuerza de gravedad debido al peso del rastrillo, en el sentido negativo del eje X.

Figura 19.

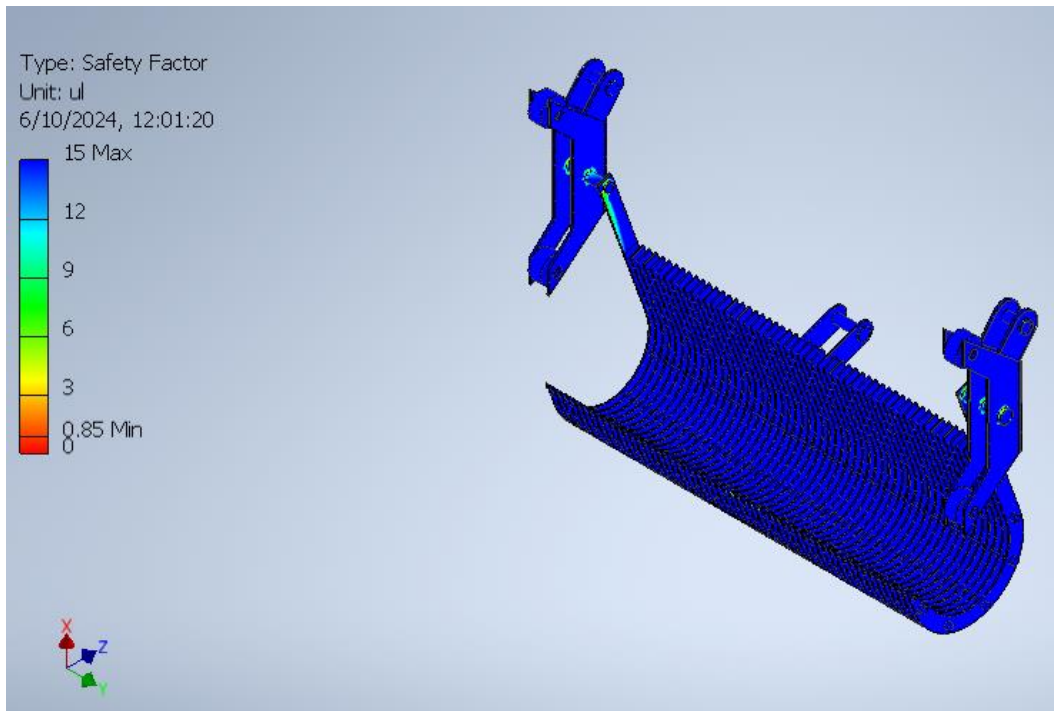
Esfuerzos de Von Mises en el rastrillo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 20.

Factor de seguridad en el rastrillo.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 20 se observa toda la estructura sometida a esfuerzo mínimo (en azul), pero también se puede notar un esfuerzo máximo de 414.2 MPa. Este esfuerzo se presenta en los pines que soportan los cables, será necesario en estos puntos utilizar acero de grado 60 como mínimo para garantizar una operación eficiente y duradera de estas piezas, además de un continuo mantenimiento correctivo para el cambio oportuno de estas piezas según el desgaste observado. La estructura del rastrillo debe ser fabricado en acero estructural QUEND 700 por cumplir con el límite de fluencia según las condiciones de diseño.

4.1.9. Análisis de esfuerzos sobre ruedas para transporte de la estructura

Las ruedas del carro estructural, conformado por rastrillo, tolva, desechos sólidos y estructura de soporte, van a soportar un peso equivalente al peso total de dichos componentes. Por información del software se tiene un peso total aproximado de 1900kgf, este peso será soportado por el sistema de ruedas, que en principio se considera que serán cuatro (4). Entonces cada rueda soportara una cuarta parte de este peso, es decir, 475 kgf aproximadamente.

En términos simples, las ruedas deben soportar un aplastamiento equivalente a 475 kgf, a continuación, el cálculo para la fabricación de estas ruedas de acero.

Se tiene un esfuerzo de aplastamiento relacionado con los 475 kgf mencionados anteriormente, que se calcula en base a la proyección de la rueda sobre la superficie horizontal, esta proyección sería un cuadrado (pues diámetro es igual a longitud), entonces el esfuerzo de aplastamiento es:

$$\sigma_{ap} = \frac{\text{FUERZA}}{\text{DIAMETRO} \cdot \text{LONGITUD}}$$

En donde la fuerza es de 475 kgf, y diámetro y longitud se denomina X, para simplificación, entonces queda

$$\sigma_{ap} = \frac{475\text{kgf} \cdot \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}}}{X \cdot X}$$

$$\sigma_{ap} = \frac{4659.75 \text{ N}}{X^2}$$

Ahora, no se tiene información sobre el esfuerzo de aplastamiento para fluencia, pero si se sabe que la resistencia a compresión, similar a este aplastamiento, es mayor a la resistencia a tracción. ahora, por seguridad se considera la resistencia de aplastamiento igual a la resistencia a tracción (250 MPa), entonces:

$$\sigma_{ap} = \frac{4659.75 \text{ N}}{X^2} = 250 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Donde:

$$X = 4.31 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Diámetro extremadamente pequeño, pero por un factor de seguridad de 10, se tiene una rueda de 40mm de diámetro. Entonces para el presente proyecto se eligen ruedas de 50mm de diámetro, pues es costumbre usual en ingeniería, siempre hacer la elección hacia arriba para el factor de seguridad.

Por otro lado, consideran que se tendrá un orificio en el eje de la rueda, el área será menor, y la resistencia al aplastamiento será mayor, por lo tanto, se justifica la selección del diámetro de la rueda.

Para una estructura de las presentes dimensiones, en el mercado se hallarán elementos de mucho mayor diámetro, con este cálculo solo hemos verificado que las ruedas que existen serán suficientemente resistentes para cumplir su cometido en el presente proyecto.

Tabla 7.

Selección de rueda

Modelo	Diámetro de ruedas (mm)	Ancho de rueda (mm)	Capacidad de carga A 4 km/h (kg)	Tipo de rodamiento	Diámetro de eje (mm)	Largo de cubo (mm)
SVS 65/20K	65	40	750	De bolas	20	45
SVS 80/20K	80	40	1100	De bolas	20	45
SVS 100/25K	100	40	1700	De bolas	25	45
SVS 127/30K	125	55	2750	De bolas	30	60
SVS 150/45K	150	55	4000	De bolas	45	60
SVS 201/50K	200	55	6000	De bolas	50	60
SVS 200/60K	200	80	7000	De bolas	60	90
SVS 250/70K	250	65	10000	De bolas	70	75
SVS300/100K	300	90	15000	De bolas	100	100

Nota: Blicle Ruedas, (s.f). <https://www.blickle.es/>

Estas ruedas deben desplazarse en un monorriel acondicionado para dicho fin, entre las bocatomas que la estructura va a limpiar.

De la Tabla 7, selecciona ruedas de diámetro 65mm, diámetro de eje 20mm y Longitud 45 mm (modelo SVS 65/20K), cuya capacidad de carga de 750 kg es más que suficiente para el presente proyecto.

4.2. Presentación y análisis de los resultados

Se ha realizado pruebas de funcionamiento con el prototipo en donde se ha demostrado lo siguiente:

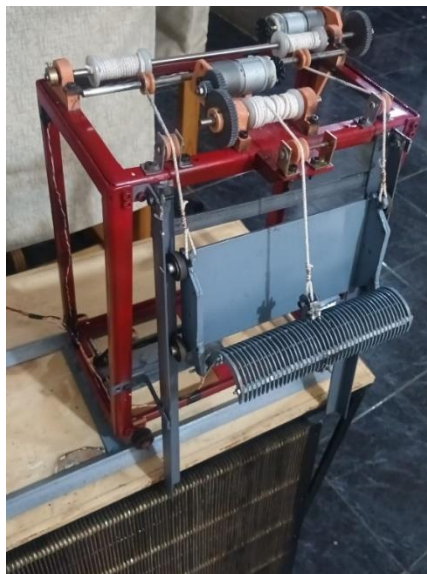
Con anterioridad la carga en kg que sacaban los trabajadores por turno diario de las rejillas era aproximado 30 kg (en un grupo de trabajo) a esto se le suma los trabajos de riesgos asociados a la limpieza manual, entre otros peligros que están en el trabajo

- Reducción de volumen considerable de algas y residuos en las rejillas a un 90% a 80%,
- Reducción de tiempos de operación de 12 horas de trabajo de limpieza manual a 30 min a 20 min de limpieza del equipo.
- Reducción de tiempos de trabajo de limpieza
- Reducción de solidos
- Pruebas de funcionamiento y operatividad del prototipo

En la presente figura 21, se muestra el prototipo con los respectivos winches de ascenso y descenso

Figura 21.

Prototipo con los respectivos winches de ascenso y descenso.



Fuente: Elaboración propia.

- En la presente figura 22, se muestra el equipo con el accionamiento del mecanismo de ascenso y descenso del mecanismo.

Figura 22.

Equipo con el accionamiento del mecanismo de ascenso y descenso del mecanismo.



Fuente: Elaboración propia.

- En la presente figura 23, se muestra el volteo del rastrillo con los respectivos residuos.

Figura 23.

Volteo del rastrillo.



Fuente: Elaboración propia.

- En la presente figura 24, se muestra el accionamiento de los winches para ascender el rastrillo sobre el rastrillo.

Figura 24.

Accionamiento de los winches.



Fuente: Elaboración propia.

- En la presente figura 25, se muestra el accionamiento del rastrillo para la descarga de los sólidos.

Figura 25.

Accionamiento del rastrillo.



Fuente: Elaboración propia.

4.3. **Contraste de hipótesis**

La hipótesis plantea un diseño específico que reducirá la cantidad de algas y residuos en la cámara de carga de la Central Hidroeléctrica Aricota. Cada uno de los objetivos propuestos contribuye de manera directa a la validación de esta hipótesis:

Representación gráfica: Permite visualizar y entender el problema, así como adaptar el diseño al entorno real.

Memoria de cálculo: Garantiza que el diseño es técnicamente viable.

Simulación y prototipado: Proporcionan pruebas prácticas para evaluar el desempeño del rastrillo.

Si los objetivos se cumplen adecuadamente y los resultados obtenidos son positivos (reducción significativa de algas y residuos), la hipótesis se confirma. Si no se logra una reducción efectiva, se deberán realizar ajustes en el diseño o replantear la hipótesis.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1. Pruebas de validación del modelo experimental

Para el presente modelo experimental se ha optado por realizar un prototipo a escala para poder demostrar el funcionamiento del mecanismo del rastrillo junto con sus caballetes, sin embargo, cabe resaltar que el prototipo está en periodo de prueba y de mejora

5.2. Aplicación de la tecnología encontrada

No aplica

5.3. Contraste con trabajos de investigación similares

No aplica

CONCLUSIONES

1. Se efectuó el diseño del rastrillo mecánico, validándose con un prototipo a escala, de esta manera pudimos verificar el funcionamiento del equipo, así como sus mecanismos, además nos permitió verificar la reducción de tiempos de limpieza, así como la reducción de solidos a un 90% a 80%.
2. Se efectuó la memoria de cálculos, en donde se realizó un análisis de esfuerzos tanto para la estructura móvil con un factor de seguridad de 2.3 garantizando la construcción de la estructura, así como del rastrillo
3. Se ejecuto la simulación del movimiento en donde queda demostrado la disminución notoria de los tiempos de limpieza, a comparación de la limpieza manual que se realizaba, además de poder demostrar la disminución de personal o eliminar el personal para la realización de la actividad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un seguimiento a los mecanismos de todo el equipo con la finalidad de poder garantizar el funcionamiento total del equipo

Se recomienda implementar un sistema hidráulico en el sistema de extracción de residuos para poder ser más preciso en ese momento y garantizar el correcto funcionamiento del equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASME. (2016). *The Guide to Hydropower Mechanical Design Prepared*. The Guide to Hydropower Mechanical Design Prepared.
<https://www.hydroreview.com/world-regions/north-america/mechanical-design-book-available-for-hydropower-market/>
- Beer, F., Johnston, R., DeWolf, J., & Mazurek, D. (2018). *Mecánica de Materiales* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Blickle Ruedas. (s.f). *El fabricante de ruedas para todo ámbito de aplicación*. Blickle Ruedas. <https://www.blickle.es/>
- FineWork. (s.f). *Puente-grúa, Grúas Pórticos, ElePolipasto Eléctrico*.
<https://es.fineworkcranes.com/>
- Fraile, J. (2007). *Máquinas eléctricas* (4.^a ed.). Alfaomega Grupo.
- IMESA. (2022). Industrias Metalúrgicas Esgueva S.A
http://www.imesa.es/proyecto.php?ELEMENT_ID=22&SECTION_ID=2
- LAKESIDE. (s.f). Limpia rejas de cable. http://www.lakeside-equipment.com/products/catronic_monorail/catronic_monorail.aspx
- Motorex. (2024). *Motores eléctricos, Aire acondicionado e Insumos industriales*.
<https://motorex.com.pe/>
- Mott, R. (2003). *Diseño de máquinas* (4.^a ed.). Prentice Hall.
- Ortiz, R. (2011). *Pequeñas centrales hidroeléctricas: Construcción paso a paso* (1.^a ed.). <https://bibliotecadigital.uce.edu.ec/s/L-D/item/1112#?c=&m=&s=&cv=>
- PROWINCH. (s.f). Prowinch. <https://prowinch.pe>
- Shigley, J., Nisbett, K., & Budynas, G. (2001). *Resistencia de materiales* (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Shigley, J., Nisbett, K., & Budynas, G. (2021). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (9na ed.).

VibroRex. (2020). *Venta de Maquinaria Pesada y Equipos de construccion*. Equipos de Construcción. <https://tienda.vibrorex.com.pe/>

ANEXOS

Propuesta económica de fabricación del rastrillo mecánico



R.U.C. 20100276322

EMPRESA METAL MECANICA S.A

Cal. Sección 08 Nro. S/n. Urb. Las Praderas de Lurín (Alt. Km. 40 Panamericana Sur - Pte. Arica) Lima - Lima - Lurín
Central Telefónica: (01) 6187400
Telefax: (01) 326 7404
E - mail : industrial@ememsa.com

Lima, 26 de agosto del 2024

Proforma: MECAF-2024-24348

Señores:
EGESUR
Presente. -

Atención:

Referencia: "EQUIPO LIMPIADOR DE REJILLAS PARA CAMARA DE CENTRAL HIDROELECTRICA ARICOTA II"

Muy señores nuestros:

Nos es grato dirigirnos a ustedes, para saludarlos cordialmente y para hacerles llegar nuestra propuesta Técnico-Económica Rev0, a Precios de Suma Alzada, por los trabajos de la referencia, la cual ha sido desarrollada de acuerdo la información entregada por Ustedes y a nuestras consideraciones generales que se adjuntan.

CONSIDERACIONES GENERALES

1. BASES DE LA OFERTA

Nuestra oferta está basada en la siguiente documentación:

- A vuestra invitación enviada vía correo electrónico del martes 20 de agosto 2024:

De: Christian Rubén Corihuaman Soto <ccorihuaman@egesur.com.pe>

Enviado el: martes, 20 de agosto de 2024 18:09

Para: Jasson Rebaza <jrebaza@ememsa.com>

CC: practicante.aricota@gmail.com

Asunto: Cotización de equipo limpiador de rejillas para camara de carga de Central Hidroeléctrica Aricota II

2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

➤ **Obras Preliminares y Mecánicas:**

Elaboración de cronograma de ejecución de trabajo.
Elaboración de planos de fabricación para taller.
Elaboración de PPI por parte de QA/QC.
Compra de materiales y consumibles.

➤ **Suministros y Fabricaciones:**

- 01 rejilla metálica de 4.339mx6.18mx0.09m fabricado en platina de 9mm de espesor y 90mm de peralte y barra redonda de Ø32mm, separación entre platinas de 30mm y separación entre barras redonda de 500mm, todo en acero estructural calidad A-36 según corresponda.
- 01 estructura metálica de 2.6mx1.6mx3.5m fabricado en ángulo de L4"x4"x3/8" incluye 04 garruchas metálicas, todo en acero estructural calidad A-36 según corresponda.
- 01 rastrillo metálico de 2.555mx1.70mx0.683m fabricado en plancha de 9mm de espesor y barras de Ø38mm y Ø12, todo en acero inoxidable 304 según corresponda.
- Se suministrará 03 polipastos de capacidad hasta 1ton con accionamiento eléctrico de 1.6kw 220v en marca TOYO y/o similar.



EMPRESA METAL MECANICA S.A

Cal. Sección 08 Nro. S/n. Urb. Las Praderas de Lurín (Alt. Km. 40 Panamericana Sur - Pte. Arica) Lima - Lima - Lurín

Central Telefónica: (01) 6187400

Telefax: (01) 326 7404

E - mail : industrial@ememsa.com

R.U.C. 20100276322

- Se suministrará 01 motorreductor marca SEW tipo tornillo sin fin según código SA57DRN71M4/BE1HR y descripción:

Velocidad [r/min] : 1730 / 9.4
Índice reducción total [i] : 184.80 / Finito
Nº de dientes nom/denominador : 924/5
Ma max [Nm] : 295
Par de salida [Nm] : 230
Factor de servicio SEW FB : 1.25
Posición de montaje IM : M1A
Pos. caja bombas/Entr. cables : 0 (R) / normal
Lubricante / Cantidad [L] : CLP 680 Aceite mineral / 0.50
Capa de pintura : Capa final RAL7031 (gris azulado)

Reductor : SA57
Eje hueco : 35 mm
Diseño : Eje hueco
Caperuza de seguridad : Ninguna
Nº Mirillas de cristal : 1
Posición de mirilla aceite 1 : B62
Variante de ventilación : Estándar
Estado de entrega : Válvula de ventilación montada
HojaDiametrAgujero tapónRoscad : 27001__97
Nº de documentación A : [27801357](#)

Motor : DRN71M4/BE1HR
Material brida (motor) : Hierro de fundición (GG20)
Potencia Motor (kW) : 0.37
Frecuencia del motor [Hz] : 60
Tipo de servicio S1-S10 : S1
Tensión motor [V] / Conexión : 230/460 Doble estrella / Estrella
Corriente nominal [A] : 1.83 / 0.91
Cos phi : 0.62
Esquema de conexiones : [R76 / 680430506](#)
Tipo Aislamiento /IP : 155(F) / 55
Clase Eficiencia internacional : IE3
Eficiencia :
50/75/100% Pn [%] : 74.3 / 77.7 / 78.5
Especificaciones de diseño : IEC 60034
Marcado CE : No
Freno : BE1
Desbloqueo de freno manual : HR = desbloqueo manual del freno con reenganche automático
Posición desbloqueo [°] : 303
Tensión freno [V] - Par [Nm] : 230 AC / 10
Rectificador del freno : BGE1.5
Esquema de conexiones freno : [B100 / 690010106](#)
Caperuza de ventilador : Caperuza ventilador metal
Caja de Bombas : Parte inferior caja de bombas de aluminio con agujeros roscados de 2xM25, 1xM16

Cal. Sección 08 Nro. S/n. Urb. Las Praderas de Lurín (Alt. Km. 40 Panamericana Sur - Pte. Arica) Lima - Lima - Lurín Central: 326-1371 Fax: 326-2459

E-mail: industrial@ememsa.com web-site: www.ememsa.com



EMPRESA METAL MECANICA S.A

Cal. Sección 08 Nro. S/n. Urb. Las Praderas de Lurín (Alt. Km. 40 Panamericana Sur - Pte. Arica) Lima - Lima – Lurín
Central Telefónica: (01) 6187400
Telefax: (01) 326 7404
E - mail : industrial@ememsa.com

R.U.C. 20100276322

3. MATERIALES PRINCIPALES

Para el suministro, se ha considerado los siguientes materiales principales:

- Perfiles laminados, reticulados, planchas y tubos: Acero A-36 e Inoxidable 304.
- Perfiles redondos : Acero Inoxidable 304.
- Pernera y tuercas : A325

Nota: El suministro de las planchas y perfiles será acorde a las medidas comerciales del mercado nacional o similar según corresponda.

4. TRANSPORTES Y EMBALAJE

- El embalaje y estiba sobre el transporte de EGESUR es responsabilidad de EMEMSA.
- El transporte de las estructuras desde nuestros talleres (Lima-Lurín) hacia vuestros almacenes es responsabilidad de EGESUR.
- El transporte de EGESUR ingresara a nuestras instalaciones en horario 9:00am-1:00pm y se realizara el carguío hasta la 5:30pm.

5. PROTECCION SUPERFICIAL

- Estructura exterior en A36 se considera: granallado comercial SP6
- Estructura exterior en A36 se considera: Aplicación de 01 capa Recprimer Epoxy 600 ZP a 2mils, 01 capa intermedia de Golmastic 850HSHB a 5mils y 01 capa de acabado Recfinish Epoxy 600 a 3mils, con un espesor total seco de 10mils.
- Para las estructuras de inoxidable se consideran limpieza mecánica de los cordones de soldadura y pasivado de la soldadura con fontinox y/o similar.

6. PRUEBAS E INSPECCIONES

- 100% Control dimensional.
- 100% Inspección visual a las soldaduras.
- 100% Tintes penetrantes a todas las soldaduras de penetración completa.
- Homologación de soldadores. Elaboración de Welding Map
- Medición de perfil de anclaje de granallado.
- La medición de los espesores de pintura seca se realizará en función a la norma SSPC-PA2.
- Dossier de calidad para el suministro de materiales y fabricaciones. Entrega de 01 copia en físico y digital.

7. OFERTA ECONOMICA:

7.1 Nuestra oferta asciende a:

ITEM	DESCRIPCION	C.TOTAL (USD)
01.00.00	SUMINISTRO Y FABRICACIONES	
01.01.00	ESTRUCTURAS METALICAS	
01.01.01	REJILLAMETALICA EN A36	18,242.00
01.01.02	ESTRUCTURA (CABALLETE) EN A36	8,358.00
01.01.03	RASTRILLO EN INOXIDABLE 304	12,020.00
01.01.04	SUMINISTRO DE 03 POLIPASTO Y 01 MOTORREDUCTOR	5,357.00
01.01.05	PRE-ENSAMBLE DE FABRICACIONES Y SUMINISTROS	775.00
PRECIO TOTAL SIN IGV (USD)		44,752.00

Cal. Sección 08 Nro. S/n. Urb. Las Praderas de Lurín (Alt. Km. 40 Panamericana Sur - Pte. Arica) Lima -
Lima – Lurín Central: 326-1371 Fax: 326-2459
E-mail: industrial@ememsa.com web-site: www.ememsa.com



EMPRESA METAL MECANICA S.A

Cal. Sección 08 Nro. S/n. Urb. Las Praderas de Lurín (Alt. Km. 40 Panamericana Sur - Pte. Arica) Lima - Lima – Lurín

Central Telefónica: (01) 6187400

Telefax: (01) 326 7404

E - mail : industrial@ememsa.com

R.U.C. 20100276322

8. **CONSIDERACIONES GENERALES:**

- 8.1 Los precios no incluyen el IGV y están expresados en dólares.
- 8.2 Presupuesto a Suma Alzada.
- 8.3 Se considera el presupuesto por el 100% de las partidas y de requerir reducir el alcance y/o realizar el requerimiento por partidas independientes se evaluará para su cotización.
- 8.4 El presente presupuesto es por el suministro de administración, supervisión, dirección, mano de obra (incluido leyes sociales), consumibles, herramientas, máquinas y equipos necesarios para completar la fabricación del presente proyecto en Taller, de acuerdo con el alcance dado por el EGESUR.
- 8.5 Normas y Códigos aplicables al proyecto: D1.1, AWS, RNE, ASME IX, AISC y SSPC-SP.
- 8.6 El plazo de entrega se considera a partir de la aprobación del 100% de los planos básicos, OC y del Adelanto contractual.
- 8.7 Se entregarán solo los planos de ensamble general en formato PDF.

9. **EXCLUSIONES:**

- 9.1 La ingeniería básica y diseño es responsabilidad de EGESUR, será entregada en digital y formato nativo para la realización de los planos de taller.
- 9.2 No se considera memoria de cálculo, selección de perfiles esto queda a entera responsabilidad de EGESUR conforme a su diseño.
- 9.3 No se incluye el suministro tableros eléctricos, botoneras y/o similares.
- 9.4 No se considera ensayo de tracción para el sistema de pintura y/o similar.
- 9.5 No se considera ningún otro trabajo detallado ni implícito en el presente documento.

10. **FORMA DE PAGO:**

- 10.1 Adelanto del 30% al inicio del proyecto, saldo al culminar la fabricación.

11. **TIEMPO DE EJECUCION:**

- 11.1 Se estima un plazo preliminar de Cuarenta y dos (42) días calendarios ingeniería de taller, compra de materiales y fabricaciones en taller. El plazo es a partir de la aprobación del 100% de los planos por parte de EGESUR
- 11.2 El plazo no incluye demoras por aprobación de planos, cambios y/o consultas en la ingeniería entregada por EGESUR, ni por paralizaciones de la supervisión no contempladas en el planeamiento del proyecto. Los mayores plazos ocasionados por estas paralizaciones serán considerados como adicionales al proyecto en tiempo y costo.
- 11.3 Luego de transcurrido la ejecución del trabajo EGESUR tiene un plazo de hasta 30 días para su traslado, luego de lo cual se pasará a cobrar un costo de almacenaje de \$5.5/m2 por día.
- 11.4 Se considera como término de la ejecución de los trabajos, a partir de la firma del acta de entrega del dossier de calidad ya sea en físico y/o digital, de no haber respuesta dentro de los Tres (03) días se dará como aceptada.

12. **VALIDEZ DE LA OFERTA:**

- 12.1 La validez de la oferta es de siete (07) días calendarios, a partir de los cuales la oferta deberá ser confirmada.

Esperando ser favorecidos con su Orden de Compra, quedamos de Uds.

Atentamente,

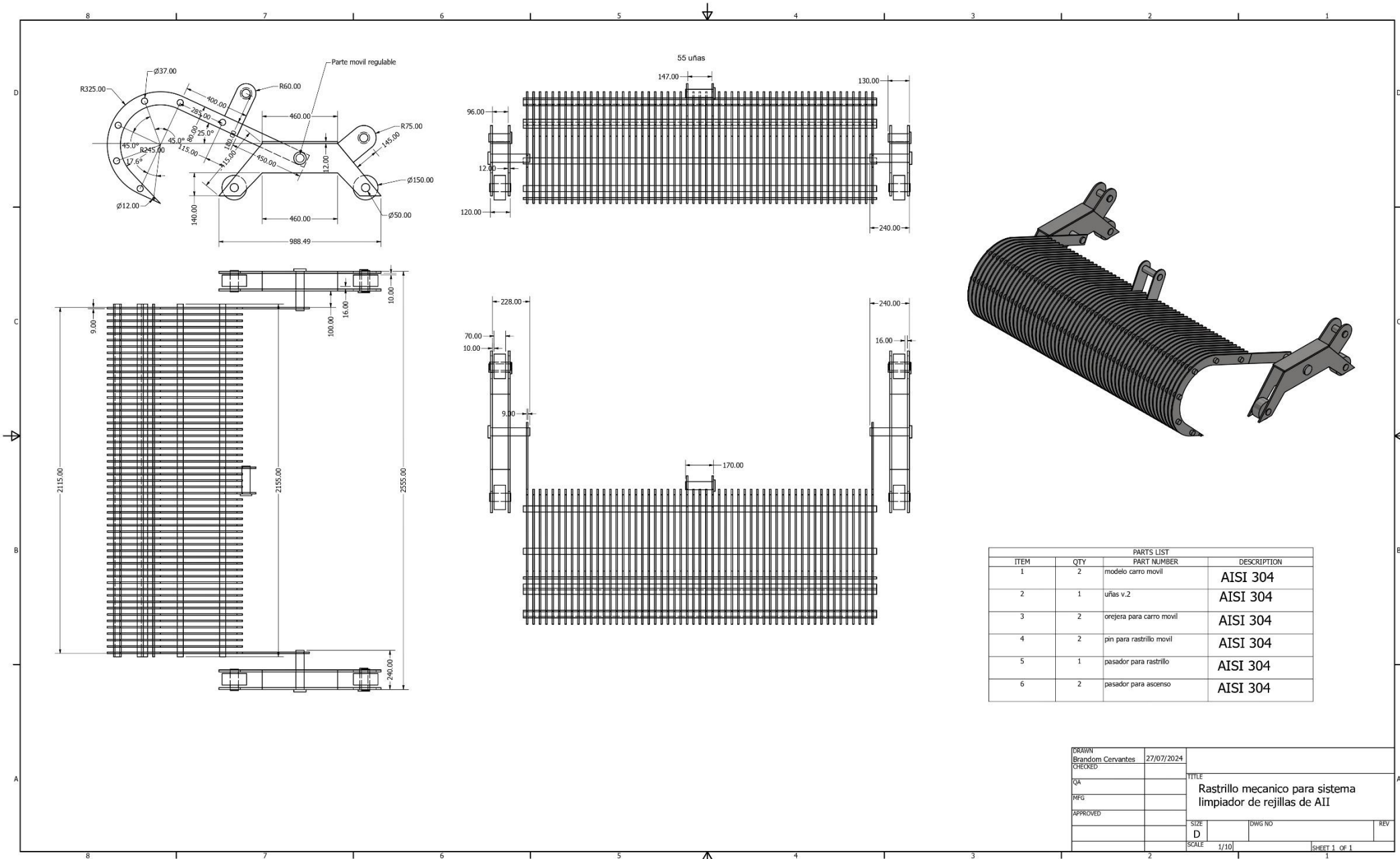
Luis Vásquez Serrepe
Jefe de Ingeniería y Presupuestos
Empresa Metal Mecánica SA

Cal. Sección 08 Nro. S/n. Urb. Las Praderas de Lurín (Alt. Km. 40 Panamericana Sur - Pte. Arica) Lima - Lima – Lurín Central: 326-1371 Fax: 326-2459

E-mail: industrial@ememsa.com web-site: www.ememsa.com

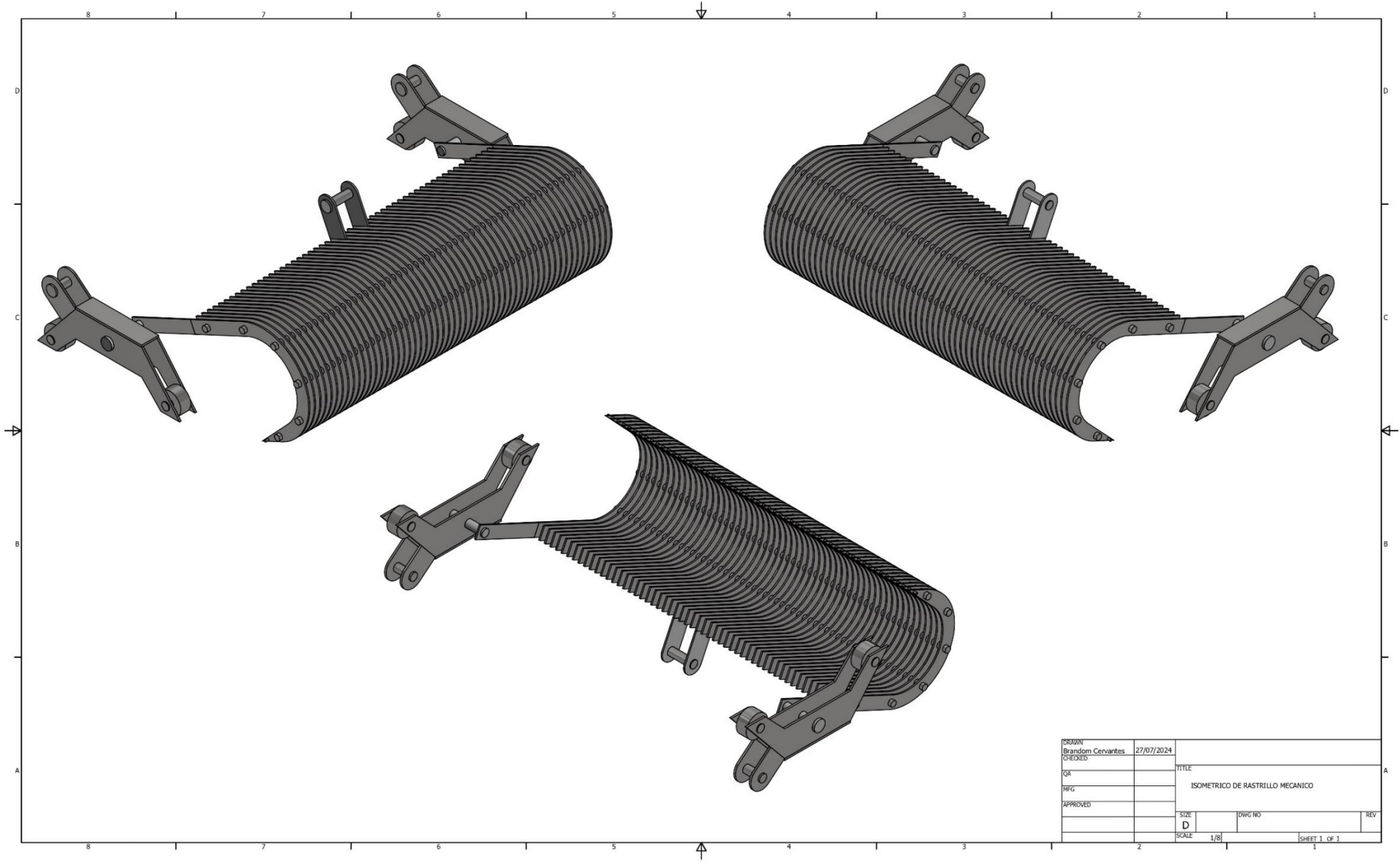
Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Diseño de un rastrillo	La configuración física y funcional de un rastrillo utilizado para la reducción de sólidos en la cámara de carga de una central hidroeléctrica.	Características específicas del diseño del rastrillo (material, ergonomía, número y disposición de dientes, peso).	<ul style="list-style-type: none"> • Material del rastrillo (acero inoxidable, aluminio, etc.) • Número y disposición de dientes • Resistencia a la corrosión • Peso del rastrillo
Reducción de sólidos	Disminución en la cantidad de material sólido presente en la cámara de carga de una central hidroeléctrica tras la aplicación del rastrillo mecánico.	Medida de la disminución en peso o volumen de sólidos en la cámara de carga después de usar el rastrillo mecánico.	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de limpieza requerida • Eficiencia de operación del rastrillo • Duración del proceso de limpieza

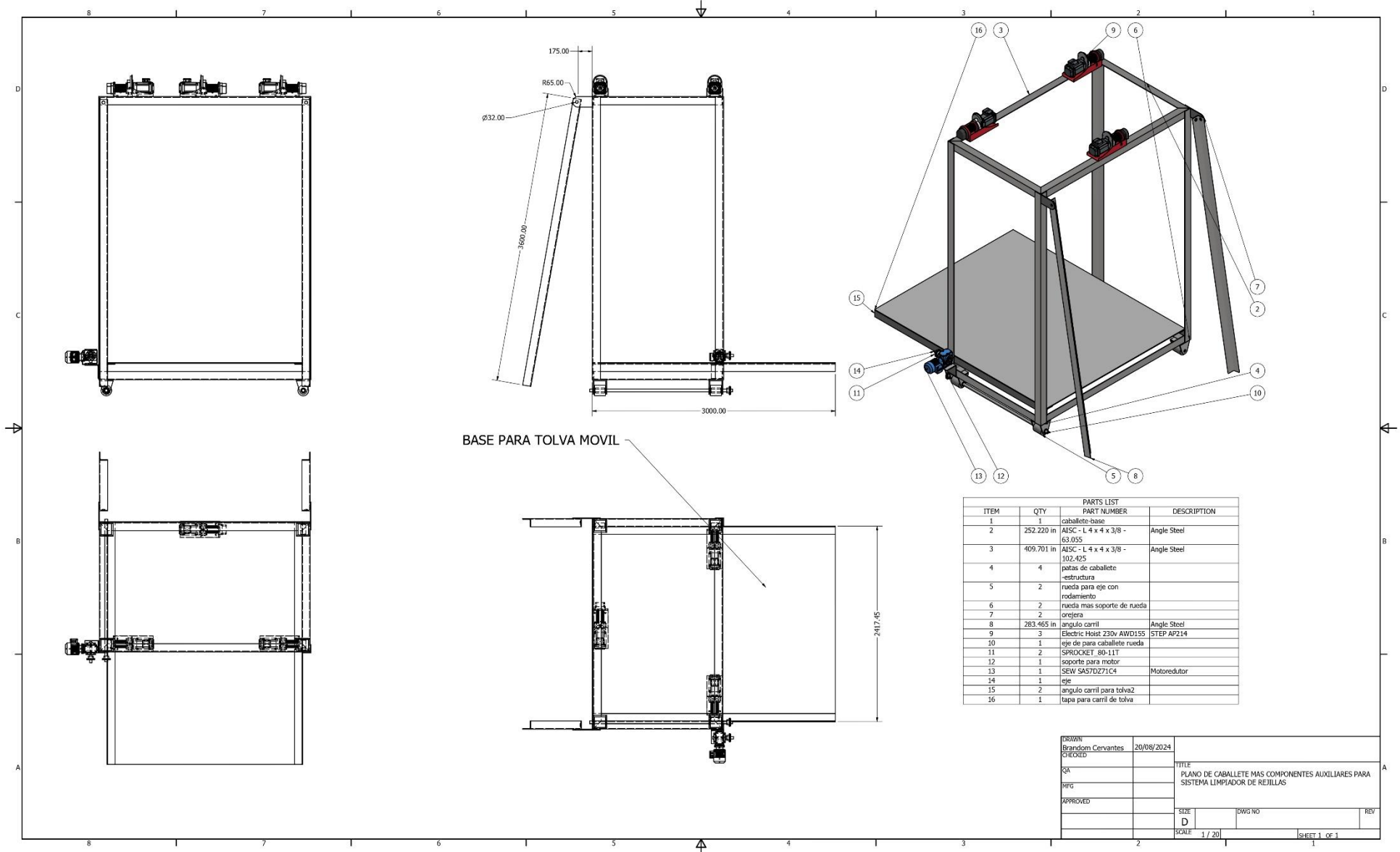


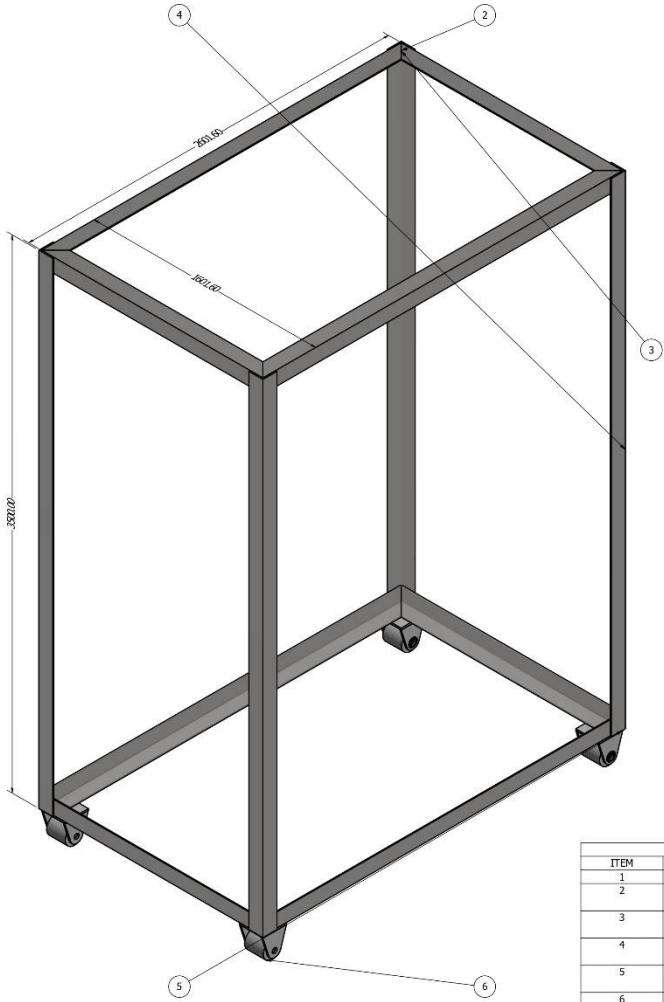
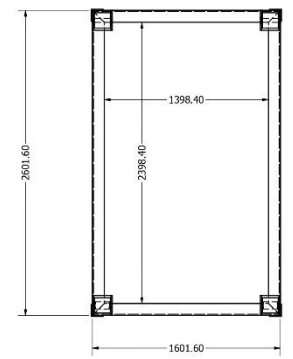
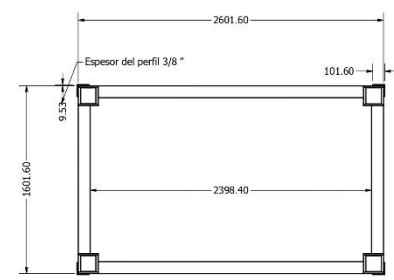
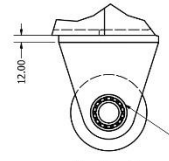
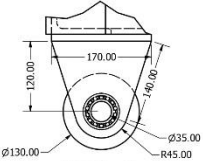
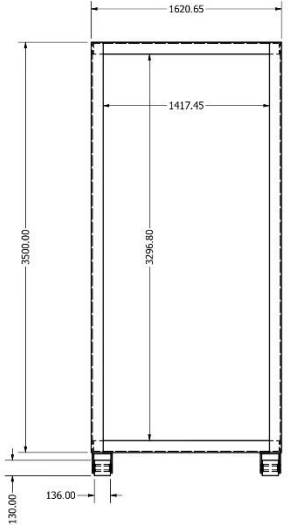
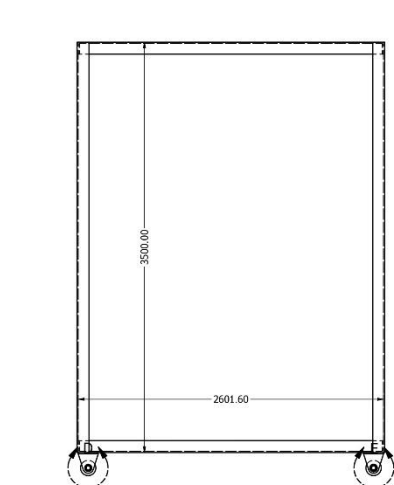
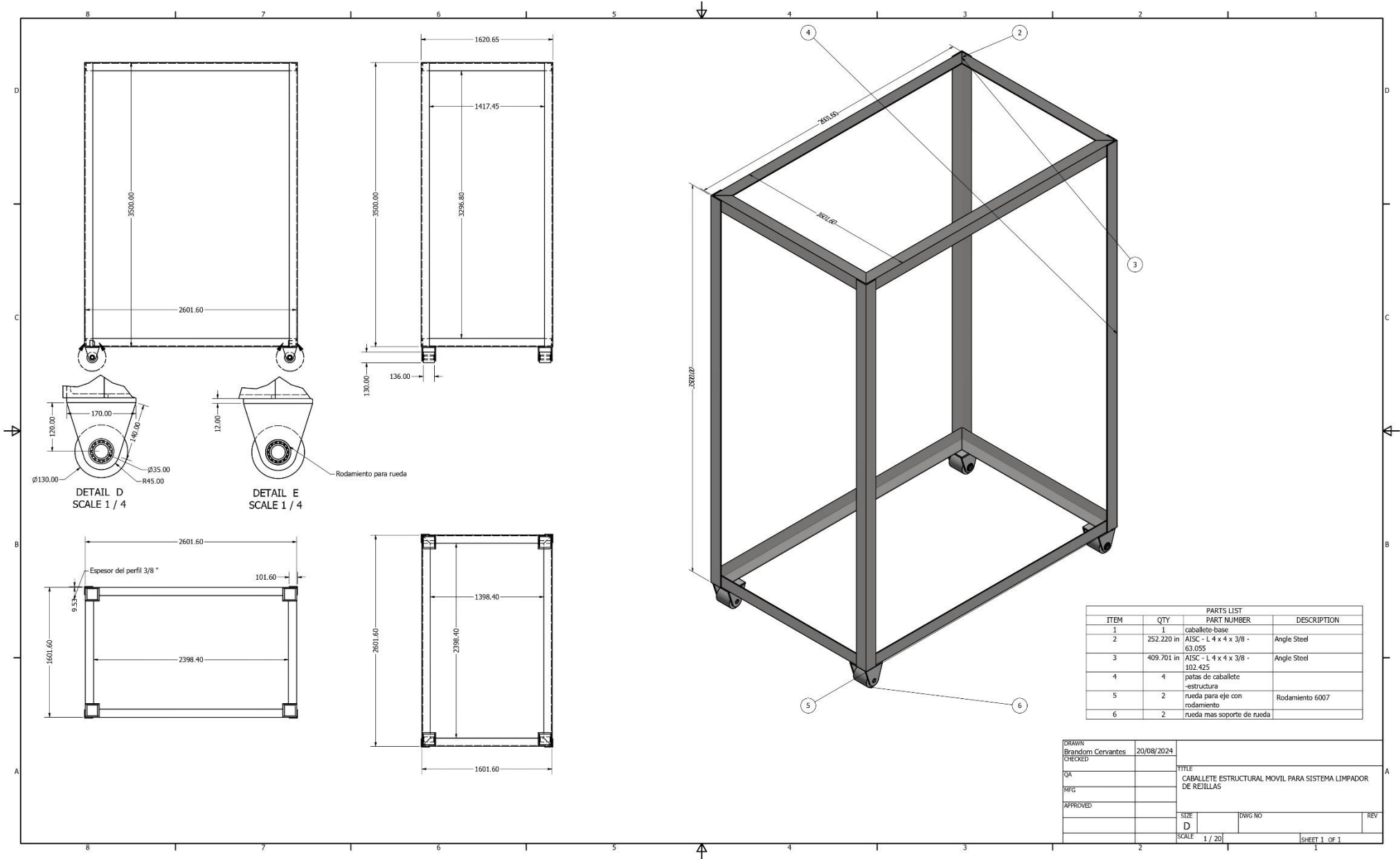
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	modelo carro movil	AISI 304
2	1	uñas v.2	AISI 304
3	2	orejera para carro movil	AISI 304
4	2	pin para rastrillo movil	AISI 304
5	1	pasador para rastrillo	AISI 304
6	2	pasador para ascenso	AISI 304

DRAWN Brandom Cervantes	27/07/2024	TITLE	
CHECKED		Rastrillo mecanico para sistema limpiador de rejillas de AII	
QA		SIZE	DWG NO
RFG		D	
APPROVED		SCALE	REV
		1/10	
		SHEET 1 OF 1	



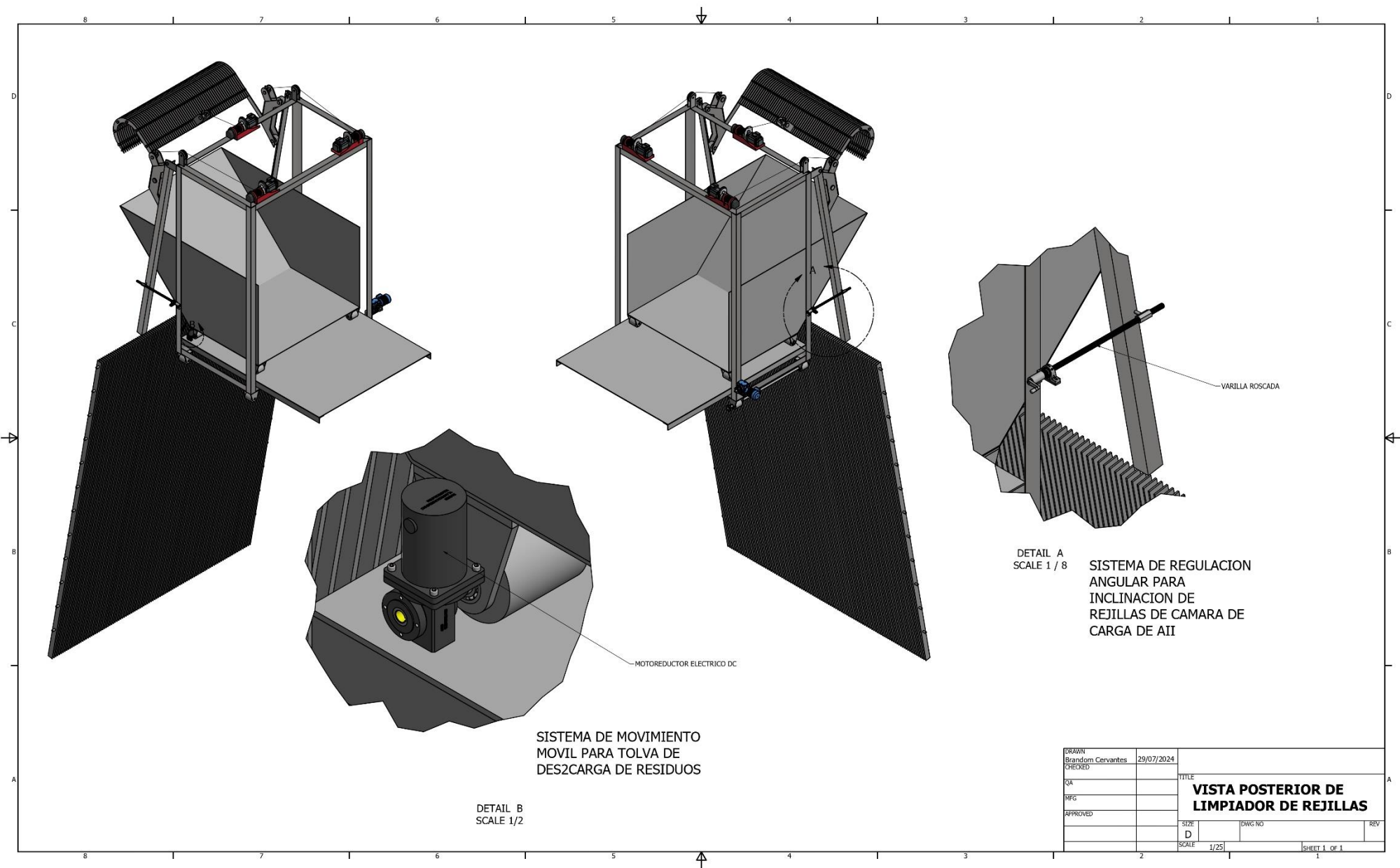
DRAWN	27/07/2024		
Brandom Cervantes	TITLE		
CHECKED	ISOMETRICO DE RASTRILLO MECANICO		
QA	REV		
RFG	SCALE 1/8		
APPROVED	SIZE D	DWG NO	REV
			SHEET 1 OF 1





PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	caballete-base	
2	252.220 in	AISC - L 4 x 4 x 3/8 - 63.055	Angle Steel
3	409.701 in	AISC - L 4 x 4 x 3/8 - 102.425	Angle Steel
4	4	patas de caballete -estructura	
5	2	rueda para eje con rodamiento	Rodamiento 6007
6	2	rueda mas soporte de rueda	

DRAWN	Brandom Cervantes	20/08/2024		
CHECKED				
QA			TITLE	
MFG			CABALLETE ESTRUCTURAL MOVIL PARA SISTEMA LIMPADOR DE REJILLAS	
APPROVED			SIZE	REV
			D	
			SCALE	1 / 20
				SHEET 1 OF 1



SISTEMA DE MOVIMIENTO
MOVIL PARA TOLVA DE
DES2CARGA DE RESIDUOS

DETAIL B
SCALE 1/2

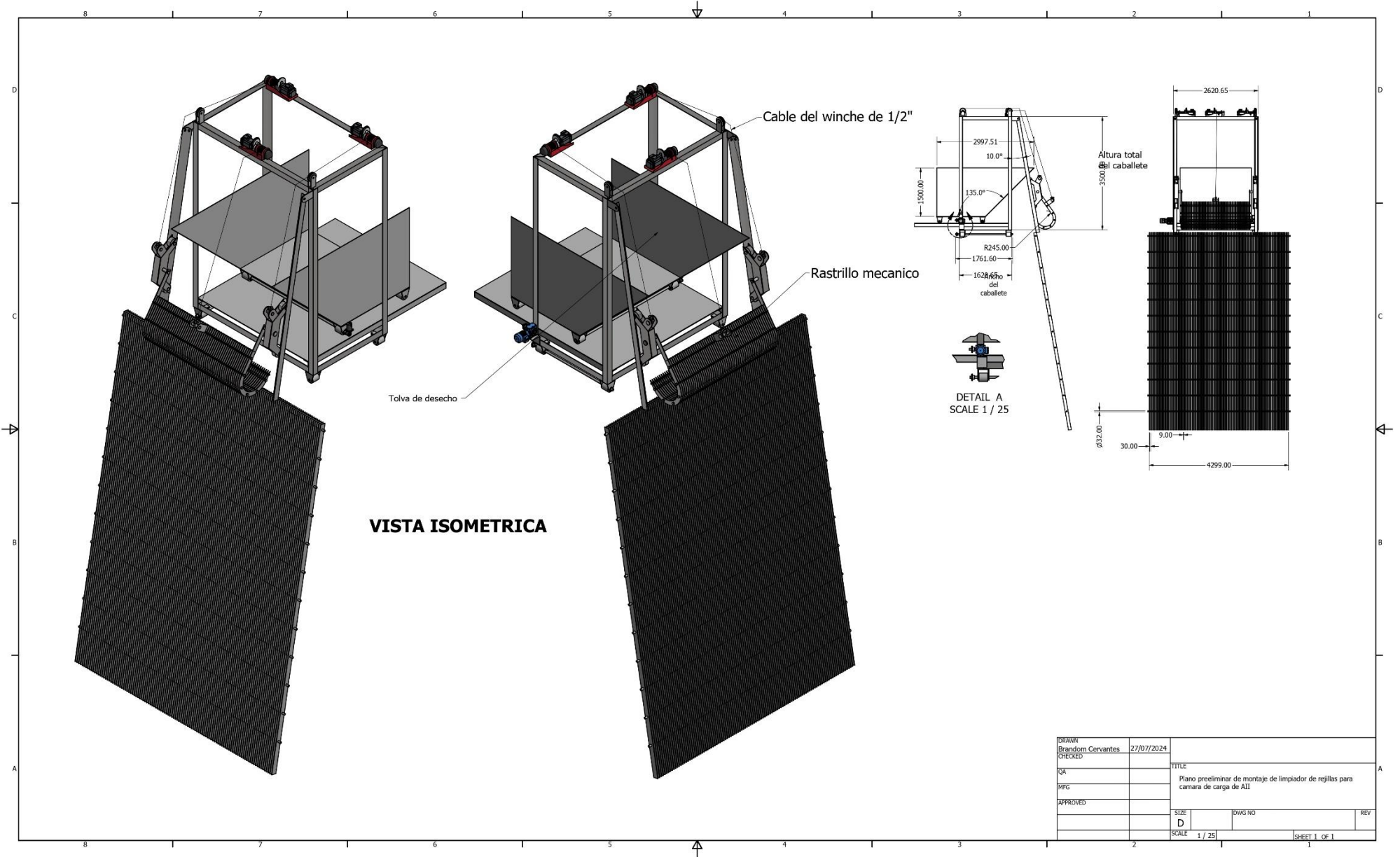
MOTOREDUCTOR ELECTRICO DC

DETAIL A
SCALE 1 / 8

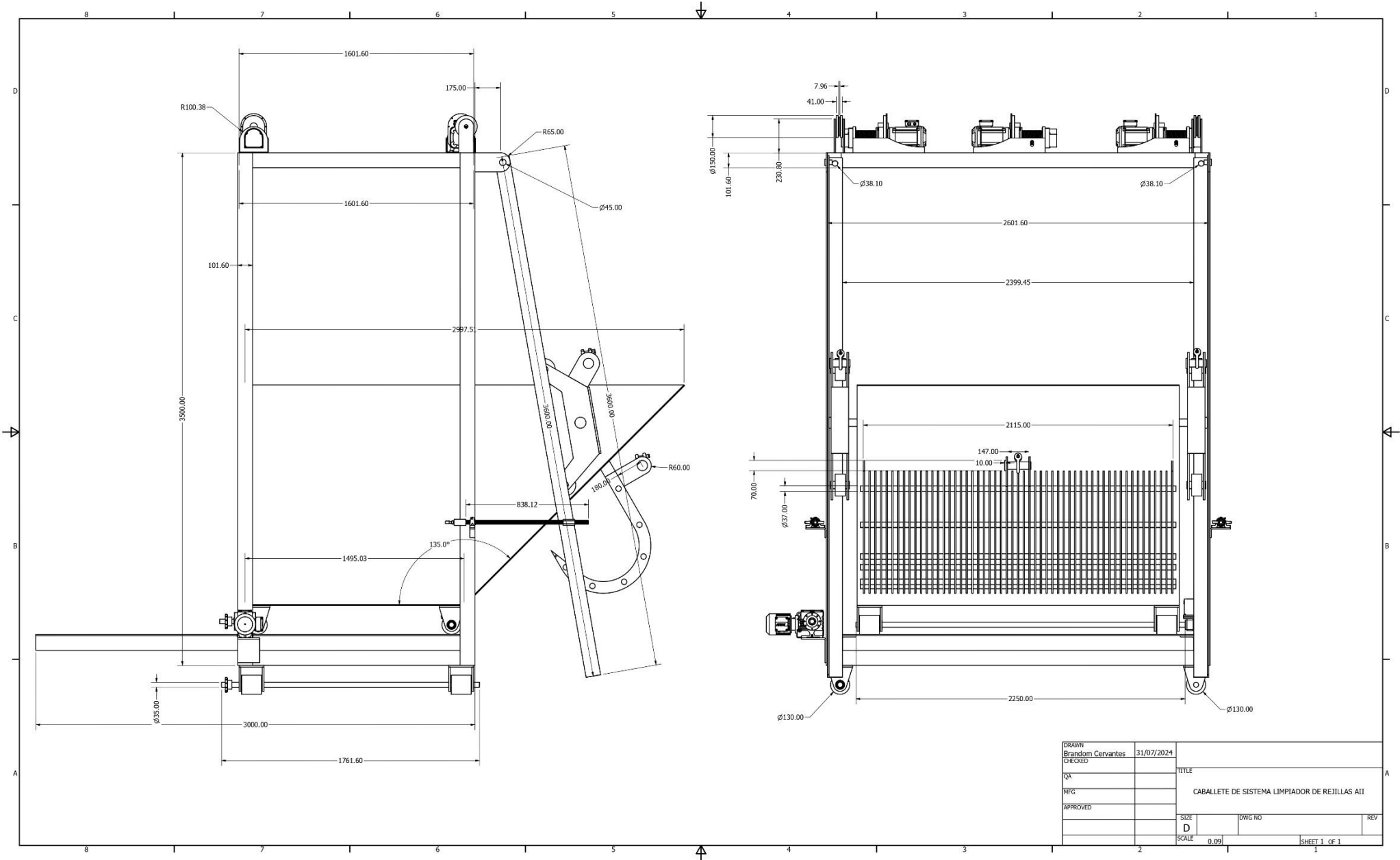
SISTEMA DE REGULACION
ANGULAR PARA
INCLINACION DE
REJILLAS DE CAMARA DE
CARGA DE AII

VARILLA ROSCADA

DRAWN Brandon Cervantes	29/07/2024	TITLE	
CHECKED		VISTA POSTERIOR DE LIMPIADOR DE REJILLAS	
QA		SIZE D	REV
MFG		DWG NO	
APPROVED		SCALE 1/25	SHEET 1 OF 1



DISUNN	27/07/2024	
Brandom Cervantes		
CHECKED		TITLE
QA		Plano preliminar de montaje de limpiador de rejillas para
MFG		camara de carga de AII
APPROVED		SIZE
		D
		SCALE
		1 / 25
		SHEET 1 OF 1



DRAWN	Brandom Cervantes	31/07/2024		
CHECKED			TITLE	
QA			CABALLETE DE SISTEMA LIMPIADOR DE REJILLAS AI1	
MFG			SIZE	DWG NO
APPROVED			D	
			SCALE	0,091
				SHEET 1 OF 1