



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

DISEÑO DE UN TAMIZADOR PARA LA SEPARACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autora

Lutuala Diaz Damián Alexander

Tutor

M.Sc. Sarmiento Ortiz Fabián Alberto

QUITO– ECUADOR
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, **Lutuala Diaz Damian Alexander**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “**DISEÑO DE UN TAMIZADOR PARA LA SEPARCIÓN DE DESECHOS SOLIDOS**”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 15 días del mes de octubre de 2024, firmo conforme:

Autor: Damian Lutuala

Firma:

Número de Cédula: 1726665233

Dirección: Pichincha, Quito, Chillogallo, Nuevos horizontes.

Correo Electrónico: damianlutuala@gmail.com

Teléfono: 0998818040

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “**DISEÑO DE UN TAMIZADOR PARA LA SEPARACIÓN DE DESECHOS SOLIDOS**” presentado por DAMIAN ALEXANDER LUTUALA DIAZ, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 15 de octubre del 2024

.....

M.Sc. Sarmiento Ortiz Fabian Alberto Ing.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 15 de octubre 2024

.....

Lutuala Diaz Damian Alexander

1726665233

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **DISEÑO DE UN TAMIZADOR PARA LA SEPARACIÓN DE DESECHOS SOLIDO**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 15 de octubre de 2024

.....

M.Sc Ron Valenzuela Pablo Elicio
LECTOR

.....

M.Sc Juan Joel Segura D'Rouville
LECTOR

DEDICATORIA

El estudio se presenta como una invitación para expandirse en el fascinante universo del conocimiento, más que como una tarea obligatoria. Un reto cumplido con perseverancia constante, dedico este logro a mi esposa, hijo, hija.

AGRADECIMIENTO

Este éxito no habría sido alcanzable sin el apoyo constante de mi familia y docentes, estoy profundamente agradecido por la orientación, la sabiduría y la dedicación compartida a mi desarrollo académico y profesional. Sus enseñanzas han sido una luz en el camino, guiándome hacia el éxito y nutriendo mi pasión por la ingeniería industrial

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| APROBACIÓN DEL TUTOR | iii |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD | iv |
| APROBACIÓN DE LECTORES | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xi |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xii |
| RESUMEN EJECUTIVO | xiii |
| CAPÍTULO I | 1 |
| Antecedentes..... | 3 |
| Justificación | 5 |
| Objetivos | 6 |
| CAPÍTULO II | 7 |
| INGENIERÍA DEL PROYECTO | 7 |
| Factores ambientales a evaluar | 7 |
| Acciones a evaluar | 8 |
| Matriz de Leopold | 8 |
| Acumulación de residuos en vertederos..... | 13 |
| Generación de gas metano | 13 |
| Malos olores..... | 13 |
| Contaminación del suelo y los recursos hídricos | 13 |
| Área de estudio | 15 |
| Modelo operativo | 15 |
| CAPÍTULO III | 17 |
| PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS..... | 17 |
| Selección de alternativas | 17 |
| Alternativa 1 tamiz estático..... | 17 |
| Alternativa 2 tamiz vibratoria | 18 |
| Alternativa 3 tamiz rotatorio | 19 |
| Método de evaluación | 20 |
| Eficiencia de separación..... | 21 |
| Capacidad de filtración | 22 |

| | |
|---|----|
| Facilidad de operación..... | 23 |
| Mantenimiento | 23 |
| Costos | 24 |
| Ponderación de los parámetros..... | 25 |
| Selección del tamiz más adecuado..... | 25 |
| Descripción del tamizador rotativo y sus partes..... | 26 |
| Definición de los parámetros de diseño del tamizador | 27 |
| Cantidad de Materia Prima procesada..... | 29 |
| Caudal..... | 30 |
| Cálculo de la Reja de Tamiz para la Retención de Sólidos de papas | 31 |
| Area del tamiz tambor: | 36 |
| Peso del tambor | 37 |
| Selección del motorreductor | 38 |
| Automatización del tamizador | 41 |
| Sensor para detección de nivel (ifm-LI5131)..... | 41 |
| PLC logo siemens 12/24RC..... | 42 |
| Variador de frecuencia (VDF)..... | 44 |
| Disyuntor | 45 |
| Fuente 24VDC | 45 |
| Diseño de tablero de control | 46 |
| Resultados esperados..... | 49 |
| Análisis de costos | 54 |
| CAPÍTULO IV | 56 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 56 |
| RECOMENDACIONES..... | 57 |
| ANEXO | 58 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | Evaluación de impactos..... | 8 |
| Tabla 2 | Impacto positivo de magnitud e importancia..... | 9 |
| Tabla 3 | Impacto negativo de magnitud e importancia..... | 9 |
| Tabla 4 | Matriz Leopold | 10 |
| Tabla 5 | Evaluación de impacto ambiental en el área de pelado de papa..... | 12 |
| Tabla 6 | Selección de alternativas..... | 17 |
| Tabla 7 | Método de selección..... | 20 |
| Tabla 8 | Calificación de alternativas, eficiencia de separación..... | 22 |
| Tabla 9 | Calificación de alternativa, capacidad de filtración..... | 22 |
| Tabla 10 | Calificación de alternativa, facilidad de operación..... | 23 |
| Tabla 11 | Calificación de alternativas, mantenimiento..... | 24 |
| Tabla 12 | Calificación de alternativas, costos..... | 24 |
| Tabla 13 | Evaluación comparativa..... | 25 |
| Tabla 14 | Selección de alternativa por ponderación..... | 25 |
| Tabla 15 | Caracterización del tamiz..... | 27 |
| Tabla 16 | Detalle de controladores..... | 47 |
| Tabla 17 | Diseño frontal del tablero eléctrico..... | 48 |
| Tabla 18 | Detalle de indicadores..... | 48 |
| Tabla 19 | Detalle de indicadores del tablero eléctrico..... | 49 |
| Tabla 20 | Evaluación impacto ambiental utilizando matriz de Leopold..... | 52 |
| Tabla 21 | Cronograma de implementación..... | 53 |
| Tabla 22 | Costo de material mecánico..... | 54 |
| Tabla 23 | Costo de material eléctrico..... | 54 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Residuos orgánicos de papa mensual, periodo 2023-2024..... | 2 |
| Figura 2. Prueba de jarra..... | 14 |
| Figura 3 Tamiz estático..... | 18 |
| Figura 4 <i>Tamiz Vibratoria</i> | 19 |
| Figura 5 Tamiz Rotatorio..... | 20 |
| Figura 6 Separación de sólidos por su tamaño..... | 21 |
| Figura 7 Tamiz rotativo | 26 |
| Figura 8 Curva Granulométrica | 29 |
| Figura 9 Caudal de consumo 2023-2024 | 30 |
| Figura 10 Sensor de nivel ifm-LI5131 | 42 |
| Figura 11 Logo siemens 12/24RC | 43 |
| Figura 12 Variador de frecuencia 3hp..... | 44 |
| Figura 13 Disyuntor para rioldin..... | 45 |
| Figura 14 Fuente DRL-24V75W1AZ3.125A | 46 |
| Figura 15 Tablero de control eléctrico..... | 47 |
| Figura 16 Prueba de jarras después de pasar por las rejas del tamiz | 50 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1 Límites permisibles de ordenanza metropolitana 138..... | 58 |
| Anexo 2 Límites de descarga del libro VI del texto unificado del ministerio de ambiente | 59 |
| Anexo 3 Escala de tamiz estándar Tyler | 61 |
| Anexo 4 Geometría de secciones de canal abierto..... | 62 |
| Anexo 5 Características de caja reductora catalogo web..... | 62 |
| Anexo 6 Conexión de entradas y salidas de control y fuerza | 63 |
| Anexo 7 Amperaje - Cable de cobre..... | 64 |

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: DISEÑO DE UN TAMIZADOR PARA LA SEPARACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

**AUTOR(A): DAMIAN ALEXANDER
LUTUALA DIAZ**

**TUTOR (A): M.Sc. SARMIENTO ORTIZ
FABIAN ALBERTO**

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación, parte del incumplimiento de la normativa ambiental correspondiente a la ordenanza municipal 138, vinculada a la descarga de cuerpos de agua que generan impactos ambientales negativos al ecosistema, pues no se cuenta con un sistema que permita la separación de sólidos de las aguas descargadas al alcantarillado. El propósito de la presente investigación es el diseño de un tamizador eficiente que permita la separación de residuos sólidos antes de ingresar al pretratamiento con la finalidad de reducir costos en mantenimiento, daños en las bombas, taponamiento en las alcantarillas o vertederos. La metodología aplicada se basa en seleccionar alternativas de tamices mediante métodos de factores ponderados, igualmente se utiliza el software CAD para modelar el tamiz, generando planos constructivos, listado de materiales y especificaciones técnicas de los equipos, facilitando la información necesaria para su diseño y posterior construcción. Como resultado de la evaluación por el método de factores ponderados se determinó como más adecuado el tamiz rotativo, debido a que posee un principio de funcionamiento el cual permite una limpieza automática de la malla garantizando un proceso continuo de filtrado al evitar la saturación del tamiz. Los parámetros técnicos del tamiz diseñado son los siguientes: una malla inoxidable 304, sistema de limpieza automática, con dimensiones de 600*500*1000 mm, mejorando la eficiencia en la separación de residuos sólidos. El cual permite una reducción de 80 % de la orgánica presente el agua.

Palabras claves: aguas residuales, contaminación ambiental, separación de sólidos.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: DESIGN OF A SIEVE TO SEPARATE SOLID WASTE

AUTHOR: DAMIAN ALEXANDER
LUTUALA DIAZ

TUTOR: MG. SARMIENTO ORTIZ
FABIAN ALBERTO

ABSTRACT

This research starts by analyzing non-compliance with environmental regulations corresponding to municipal ordinance 138. This ordinance concerns water bodies' discharges that negatively impact the ecosystem; no system is in place to separate solids from sewage. This research aims to design an efficient sieve to separate solid waste before pre-treatment to reduce costs for maintenance, pump damage, and plugging up sewers or landfills. The methodology applied is based on selecting sieve alternatives using weighted factor methods. In addition, CAD software is used to create the sieve model and produce construction plans, material lists, and technical equipment specifications, providing the essential information required for its design and subsequent construction. As a result of the weighted-factor assessment method, the rotary sieve was found to be the most suitable because it has a working principle that allows automatic cleaning of the mesh, guaranteeing a continuous filtering process by avoiding sieve saturation. The technical parameters of the designed sieve are as follows: a 304 stainless mesh, automatic cleaning system, with dimensions of 600*500*1000m. The efficiency of separating solid waste was improved. This allows for a reduction of 80% of the organic water present.

KEYWORDS: Environmental pollution, solids separation, wastewater

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El informe del Banco Mundial titulado "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050" (Los desechos 2.0: Una Visión Global de la Gestión de Residuos Sólidos hasta 2050) advierte que, sin una acción inmediata, la cantidad de residuos a nivel mundial podría aumentar en un 70% para el año 2050 en comparación con los niveles actuales. El reporte prevé que, en los próximos 30 años, la generación de residuos a nivel global, impulsada principalmente por el rápido crecimiento urbano y demográfico, crecerá de 2010 millones de toneladas en 2016 a 3400 millones de toneladas anuales. (Silpa, 2018)

En abril de 2010, Ecuador lanzó el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (MAE-PNGIDS). Este programa tiene como objetivo principal promover una gestión eficiente y sostenible de los residuos sólidos en los municipios del país. Según estadísticas oficiales, se estima que Ecuador produce alrededor de 5 millones de toneladas de residuos sólidos anualmente. (Ambiente,., 2024)

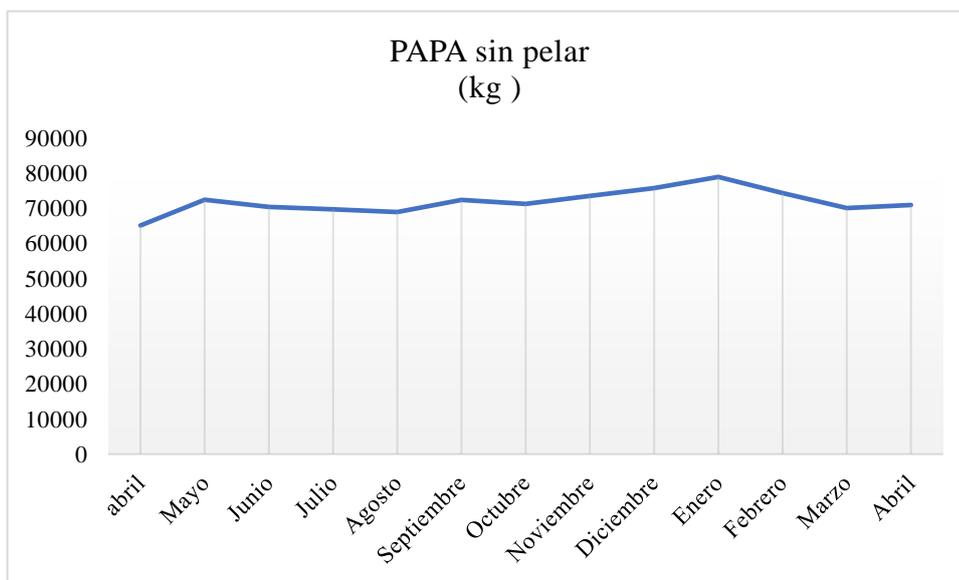
La industria de alimentos ubicado en la ciudad de Quito es conocida por ofrecer carnes al carbón, disponen de varias áreas de proceso de materias primas, como procesamiento de carnes, preparación de verduras y frutas. El área de procesamiento de papa es la que más desechos sólidos produce, ya que es un alimento básico en muchas comidas. Para la remoción de sólidos generados en el pelado de papa se destaca por su alto consumo de agua potable, que abarca desde la limpieza, pelado, lavado, desinfección y empaquetado. En la siguiente figura N°1 podemos observar el consumo de materia prima de papa en el último periodo 2023 a 2024 en la empresa de alimentos.

Estas aguas requieren un tratamiento adecuado para cumplir con los estándares de descarga, que deben cumplir con la normativa vigente de límites permitidos en sólidos sedimentables, que regula el misterio del ambiente, con la posibilidad de considerar el reúso. El carácter biodegradable de estos efluentes

permite su tratamiento mediante sistemas biológicos aerobios o anaerobios, luego de una separación previa de sólidos suspendidos.

Figura 1

Residuos orgánicos de papa mensual, periodo 2023-2024



Nota. La figura 1 nos indica la materia prima (papa) procesado el mes de enero, presenta el mayor volumen de consumo en el periodo 2023 a 2024, es de 75762 kilogramos (kg) de papa procesado.

Antecedentes

La empresa de alimentos situado en la ciudad de Quito fue fundada el 20 de agosto de 2004, se dedica a la comida rápida de carnes al carbón. ha posicionado como la primera opción en la mente de los ecuatorianos cuando se trata de carnes al carbón, convirtiéndose así en líderes en su segmento y destacándose como una de las más destacadas en comida rápida en el mercado ecuatoriano. Su distinción como la única empresa 100% ecuatoriana en este grupo refuerza su posición, respaldada por ventas anuales que superan los 26 millones de dólares, con dos plantas de producción, dos centros de distribución y una red de más de 45 locales.

En una de las áreas de la empresa disponen del proceso pelado de papa que genera una cantidad significativa de desechos orgánicos, principalmente residuos de papa, que contribuyen a la contaminación del agua, para ello la empresa cuenta con una planta de tratamiento de agua residual (PTAR), la misma que no contempla con un sistema de separación de sólidos adecuado lo que genera acumulación de residuos en los vertederos; si no se gestiona de manera adecuada este desecho, puede llegar a los sistemas de los alcantarillados y cuerpo de aguas, causando obstrucciones y liberación de nutrientes que afecten negativamente a la calidad del agua y del ecosistema acuático.

Es importante destacar que la empresa debe cumplir con las normativas ambientales vigentes en relación con la gestión de residuos y la protección del agua, como lo establece la Ley de Gestión Ambiental y los Reglamentos de Descargas de Aguas Residuales aplicables a nivel local o nacional. Estas normativas imponen límites estrictos en cuanto a la cantidad y tipo de residuos que pueden ser vertidos en los cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado. Según el Reglamento de Prevención y Control de la Contaminación Hídrica, es obligatorio implementar sistemas de pretratamiento para reducir sólidos en suspensión antes de que las aguas residuales entren al sistema de alcantarillado o sean vertidas a cuerpos de agua. El incumplimiento de estas regulaciones puede conllevar sanciones económicas y daños reputacionales para la empresa.

La carencia de un tamizador eficiente ha generado un problema continuo de obstrucciones en las tuberías y ha contribuido a la contaminación del agua, lo cual

no solo representa un riesgo ambiental, sino que también afecta la operación diaria e incrementa los costos de mantenimiento y eleva el riesgo de sanciones legales.

Por lo tanto, el diseño de un tamizador eficiente para la separación de residuos sólidos antes de que las aguas residuales ingresen al sistema de pretratamiento no solo responde a la necesidad de cumplir con las normativas ambientales, sino que también busca optimizar la operación de la planta, reducir los costos asociados al mantenimiento y prevenir daños en los equipos. Esta intervención resulta fundamental para asegurar que la empresa cumpla con sus obligaciones legales y contribuya a la sostenibilidad ambiental.

Justificación

El proceso de pelado de papa en la industria alimentaria está ligado a generar un porcentaje significativa de desperdicio orgánico que representa una contaminación en el medio ambiente, especialmente a fuentes hídricas. Estos desechos pueden causar problemas ambientales si no se gestionan de manera adecuada, por lo tanto, es **importante**, diseñar un tamizador para separar estos desechos sólidos del agua es crucial para mitigar la contaminación ambiental y cumplir con los estándares de saneamiento.

La implementación de un tamizador eficiente para la separación de desechos orgánicos en el agua tendrá un **impacto** positivo para la empresa de alimentos y para el entorno ambiental. Reducirá la contaminación del agua al evitar que los desechos sólidos se viertan en fuentes naturales, protegiendo así los vertederos agua y la vida acuática. Al separar los desechos sólidos, se baja la carga de contaminación para la descarga, lo que resulta más eficiente para tratar el agua y cumplir con el proceso de purificación.

La **utilidad** de diseñar un tamizador para la separación sólidos permite la remoción de desechos orgánicos de papa. Al separar los desechos sólidos del agua, se reduce la contaminación y los costos relacionados con el tratamiento de aguas contaminadas. Además, al eliminar los residuos sólidos antes del tratamiento, se prolongará la duración útil de los componentes de purificación y se reducirá la probabilidad de obstrucciones en los sistemas de alcantarillado.

Los **beneficiarios** directos de este proyecto incluyen tanto la industria alimentaria, específicamente a las plantas de procesamiento de papas, como la comunidad en general que se beneficia de la reducción de la contaminación ambiental. Además, los organismos reguladores y las agencias gubernamentales encargadas del cumplimiento de normativas ambientales promoverán prácticas industriales que permita recomendar este tipo de sistemas, beneficiando así a nuestro país, Ecuador.

La **factibilidad** de este proyecto es llegar a diseñar el tamizador que separe los residuos sólidos de manera efectiva. Esto implica considerar aspectos como la selección de materiales adecuados, el diseño de la estructura y los componentes mecánicos, así como la capacidad para controlar el proceso de separación.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un tamizador de residuos sólidos acumulados en el proceso de pelado de papa, mediante la aplicación de metodologías automáticas, que permita la filtración y separación efectiva de los residuos orgánicos e inorgánicos.

Objetivo específico

- Evaluar el proceso de pelado de papas mediante la matriz de Leopold determinando el impacto ambiental ocasionado.
- Seleccionar el tipo de tamizador adecuado mediante la metodología de factores ponderados, con la finalidad de escoger el indicado en base a las características del proceso objeto de estudio.
- Presentar una propuesta de diseño correspondiente al tamizador seleccionado, mediante el dimensionamiento de sus parámetros técnicos, planos de construcción, para su posterior construcción e implementación.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Empresa de alimentos ubicado en la ciudad de Quito, actualmente dispone de varias áreas de producción para cubrir la demanda de alimentos que son distribuidos a los locales comerciales. En uno de los procesos está el pelado de papa que genera una cantidad significativa de residuos orgánicos, estos residuos si no gestiona adecuadamente podría ser desfavorable para el entorno ambiental.

En la industria de alimentos, la gestión ambiental es una prioridad esencial para garantizar la sostenibilidad y el cumplimiento de normativas debido a sus controles internos y externos de calidad, que incluyen el tratamiento adecuado de los desperdicios generados.

El agua es esencial para la vida humana y acuática, con el desarrollo industrial, la contaminación tiene un impacto negativo, por ello es fundamental proteger este recurso, promoviendo su reutilización siempre que sea posible. Existe diversos métodos de descontaminación que permiten recuperar el agua para su reutilización o reducir su nivel de contaminación antes de su descarga en efluentes, contribuyendo así a la preservación de la vida acuática **(Ron P, 2022)**

Para determinar los impactos ambientales asociados con el proceso de pelado de papas, se utilizará la matriz de Leopold, que es una de las herramientas más aplicadas para la valoración de impactos ambientales. También se realizará una prueba de cono Imhoff o de jarra para determinar solidos sedimentables. La matriz es desarrollada por Luna B. Leopold en 1971, esta matriz permite realizar una evaluación integral que se presenta a continuación.

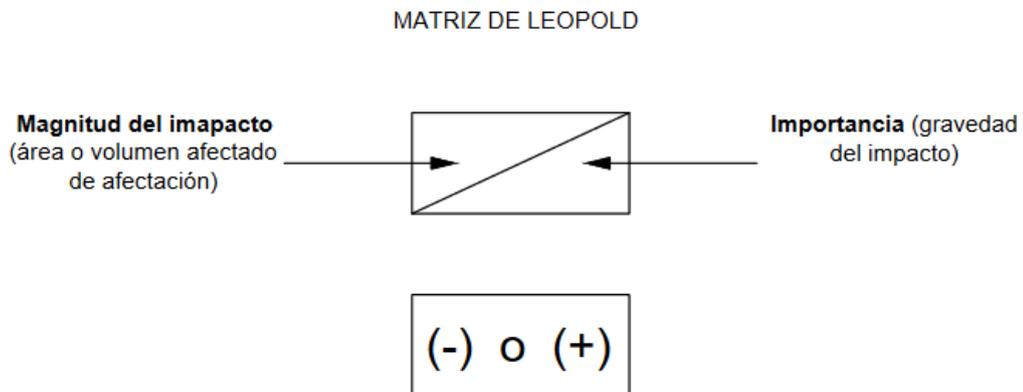
Factores ambientales a evaluar

- Suelo. - Contaminación por residuos sólidos
- Agua. - Uso de agua durante el pelado y lavado de papas
- Proceso. - Deposición (sedimentación y precipitación)
- Recursos energéticos. - Consumo de energía eléctrica en el proceso
- Residuos sólidos. -Generación de residuos sólidos

Acciones a evaluar

- Recepción
- Almacenamiento
- Clasificación
- Pelado
- Lavado
- Corte empaque
- Deposición y tratamiento de residuos sólidos

Matriz de Leopold



En la siguiente tabla presenta la valoración de impactos.

Tabla 1

Evaluación de impactos

| Calificación negativa | | | Calificación positiva | | |
|-----------------------|-----|------------|-----------------------|----|------------|
| Irrelevantes | 0 | -25 | Poco importante | 0 | 50 |
| Moderados | -25 | -50 | Importantes | 50 | 100 |
| Severos | -50 | -100 | Muy importantes | | ≥ 100 |
| Criticos | | ≥ 100 | | | |

Nota. La valoración de impactos permite determinar el rango de impacto que presenta una valoración realizada.

Para evaluar factores y acciones de impacto ambiental se realiza la siguiente tabla de impacto positivo e impacto negativo para determinar la magnitud e importancia, que tan relevante es para cada punto a evaluar:

Tabla 2*Impacto positivo de magnitud e importancia*

| Impacto positivo | | | | | |
|------------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| MAGNITUD | | | IMPORTANCIA | | |
| Intensidad | Afectación | Calificación | Duración | Influencia | Calificación |
| Baja | Baja | +1 | Temporal | Puntal | +1 |
| Baja | Media | +2 | Media | Puntal | +2 |
| Baja | Alta | +3 | Permanente | Puntal | +3 |
| Media | Baja | +4 | Temporal | Local | +4 |
| Media | Media | +5 | Media | Local | +5 |
| Media | Alta | +6 | Permanente | Local | +6 |
| Alta | Baja | +7 | Temporal | Regional | +7 |
| Alta | Media | +8 | Media | Regional | +8 |
| Alta | Alta | +9 | Permanente | Regional | +9 |
| Muy Alta | Alta | +10 | Permanente | Nacional | +10 |

Nota. La tabla 2 se utiliza para evaluar y calificar los impactos positivos de las acciones de un proceso dentro de una empresa, sobre diversos factores ambientales. La evaluación se realiza en dos dimensiones principales: la magnitud y la importancia del impacto. (Pulido, 2021)

Tabla 3*Impacto negativo de magnitud e importancia*

| Impacto negativo | | | | | |
|------------------|------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| MAGNITUD | | | IMPORTANCIA | | |
| Intensidad | Afectación | Calificación | Duración | Influencia | Calificación |
| Baja | Baja | -1 | Temporal | Puntal | +1 |
| Baja | Media | -2 | Media | Puntal | +2 |
| Baja | Alta | -3 | Permanente | Puntal | +3 |
| Media | Baja | -4 | Temporal | Local | +4 |
| Media | Media | -5 | Media | Local | +5 |
| Media | Alta | -6 | Permanente | Local | +6 |
| Alta | Baja | -7 | Temporal | Regional | +7 |
| Alta | Media | -8 | Media | Regional | +8 |
| Alta | Alta | -9 | Permanente | Regional | +9 |
| Muy Alta | Alta | -10 | Permanente | Nacional | +10 |

Nota. La tabla 3 se utiliza para evaluar y calificar los impactos negativos de las acciones de un proceso dentro de una empresa, sobre diversos factores ambientales.

La evaluación se realiza en dos dimensiones principales: la magnitud y la importancia del impacto. (Pulido, 2021)

A continuación, se presenta la matriz de Leopold para la evaluación de un ejemplo de dos factores y dos acciones, ver la tabla 4.

Tabla 4

Matriz Leopold

| Pelado de papa en la empresa de alimentos | | Recepción | Almacenamiento | Afectaciones | | Total Afecciones | Agregado del Impacto |
|---|---|-----------|----------------|--------------|---|------------------|----------------------|
| | | | | + | - | | |
| Suelo | Factores ambientales | | | | | | |
| | Contaminación por residuos sólidos (cáscaras de paps) | -1 3 | -3 3 | 0 | 2 | 2 | -12 |
| Agua | Consumo de agua en el proceso de lavado y pelado | -3 1 | -1 1 | 0 | 2 | 2 | -4 |
| Afectaciones | + | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | -16 |
| | - | 2 | 2 | 4 | | | |
| Total de afectaciones | | 2 | 2 | 4 | | | |
| Agregado del impacto | | -6 | -10 | -16 | | | |

Nota. En la siguiente tabla podemos observar dos factores y actividades evaluadas, para entender su valoración de magnitud e importancia.

Para determinar valoración por acciones se aplica siguiente formula:

$$= ((-1 * 3) + (-3 * 1)) = -6$$

$$= ((-3 * 3) + (-1 * 1)) = -10$$

Para determinar valoración por factores se aplica siguiente formula:

$$= ((-1 * 3) + (-3 * 3)) = -12$$

$$= ((-3 * 1) + (-1 * 1)) = -4$$

Para determinar las afectaciones negativas y positivas de factores y acciones se aplica la siguiente formula:

Afectaciones Positivas

$$= \text{CONTAR.SI}(D5:S5; " > 0")$$

Afectaciones Negativas

$$= \text{CONTAR.SI}(D5:S5; " < 0")$$

En el paso final se procede a sumar las afectaciones positivas y negativas como se observa en la **Tabla 4**

Se determina una valoración de impacto bajo que es de 1-40, la cual representa impacto bajo acorde a la **Tabla 1**.

A continuación, se procede a evaluar los factores y acciones mencionados anteriormente para determinar la presencia de impacto ambiental en la **Tabla 5**

Tabla 5

Evaluación de impacto ambiental en el área de pelado de papa

| Pelado de papa en la empresa de alimentos | | Recepción | Almacenamiento | Clasificación | Pelado | Lavado | Corte | Empaque | Deposición y tratamiento de residuos sólidos | Afectaciones | | Total Afecciones | Agregado del Impacto |
|---|---|-----------|----------------|---------------|---------|---------|---------|---------|--|--------------|----|------------------|----------------------|
| | | | | | | | | | | + | - | | |
| Factores ambientales | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo | Contaminación por residuos sólidos (cáscaras de paps) | -1 3 | -1 2 | -1 1 | -1 2 | -3 4 | -1 1 | -3 4 | -3 3 | 0 | 8 | 8 | -42 |
| Agua | Consumo de agua en el proceso de lavado y pelado | -1 2 | -1 1 | -1 1 | -8 6 | -8 6 | -3 4 | -1 1 | -7 7 | 0 | 8 | 8 | -162 |
| Procesos | Generación de residuos sólidos | -1 3 | -2 4 | -1 1 | -6 6 | -8 6 | -4 4 | -2 4 | -6 6 | 0 | 8 | 8 | -156 |
| Recursos energéticos | Consumo de energía eléctrica en el proceso | -1 2 | -2 2 | -1 2 | -5 4 | -3 4 | -4 4 | -4 4 | -1 1 | 0 | 8 | 8 | -73 |
| Residuos Sólidos | Separación (filtración, sedimentación) | -1 2 | -1 2 | -1 2 | -8 6 | -8 6 | -5 5 | -4 4 | -8 3 | 0 | 8 | 8 | -167 |
| Afectaciones | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | -600 |
| | - | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 40 | | |
| Total de afectaciones | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 40 | | | |
| Agregado del impacto | | -12 | -17 | -7 | -154 | -168 | -70 | -53 | -119 | -600 | | | |

Nota: La evaluación de impacto ambiental realizada en la matriz de Leopold sobre pelado de papa en la empresa de alimentos ha arrojado resultados significativos de acciones preocupante y factores significativos para oportunidades de mejora. A continuación, se presentan los principales hallazgos derivadas de esta evaluación

La evaluación realizada mediante matriz de Leopold en el proceso de pelado de papas, se identificaron puntos críticos en consumo de agua por lavado, pelado y generación de residuos de papas, estos tres puntos mencionados deben ser considerados para minimizar la contaminación al medio ambiente. Los impactos negativos presentes pueden generar los siguientes problemas de contaminación ambiental que se detalla a continuación:

Acumulación de residuos en vertederos

Los desechos de papa ocupan espacios valiosos en los vertederos o cajas de revisión obstruyendo el paso de agua, que es un espacio reducido en muchos de los casos, esto conlleva al taponamiento de alcantarillado y saturación de vertederos.

Generación de gas metano

Cuando los desechos orgánicos de papas se descomponen en un entorno anaeróbico, como en los vertederos, produce metano.

Malos olores

La descomposición de materia orgánica puede producir olores desagradables.

Contaminación del suelo y los recursos hídricos

La descomposición de desechos generados por la papa puede filtrarse en el suelo y llegar a cuerpos de agua, contaminándolos con materia orgánica y nutrientes que alteran los ecosistemas acuáticos.

Se realiza un muestreo de agua para verificar los sólidos sedimentables a la salida del proceso en la cual se puede observar en la siguiente **Figura 2**, que los sólidos sedimentables están por encima de la norma, la norma nos indica que 20 mg/l de sólidos sedimentables es permitido a la descarga de alcantarillas o cuerpos de agua.

Al pasar los 400 ml a mg se obtiene lo siguiente:

$$1ml = 1000mg$$
$$400ml * 1000 = 4000mg/0.8l$$

Los $4000\text{mg}/0.8\text{l}$ de agua indica un valor que está fuera de norma que no cumple, el ministerio de medio ambiente podría clausurar este proceso por incumpliendo de descarga de agua a acorde a la normativa vigente.

Figura 2.

Prueba de jarra



Nota. Se puede observar que existes $4000\text{mg}/0.8\text{l}$ de agua en la cual los sólidos sedimentados en el agua están por encima de la norma según el **Anexo 2** del libro VI del texto unificado del Ministerio de Ambiente, indica que los límites permitidos para la descarga a las fuentes hídricas o alcantarillado público no debe super los $20\text{mg}/\text{l}$, por otra parte, también disponemos de ordenanza metropolitana 138 que también dispone de su norma en al cual detalla el límite máximo de $20\text{mg}/\text{l}$. Los detalles específicos pueden consultar en el **Anexo 1** y **2** correspondientes.

Área de estudio

Dominio:

Línea de investigación: Gestión sostenible de productos.

Sub-Línea de investigación:

Diseño concurrente, integra los métodos, herramientas y procesos de manera holística para la resolución de problemas industriales.

Campo: Ingeniería Industrial

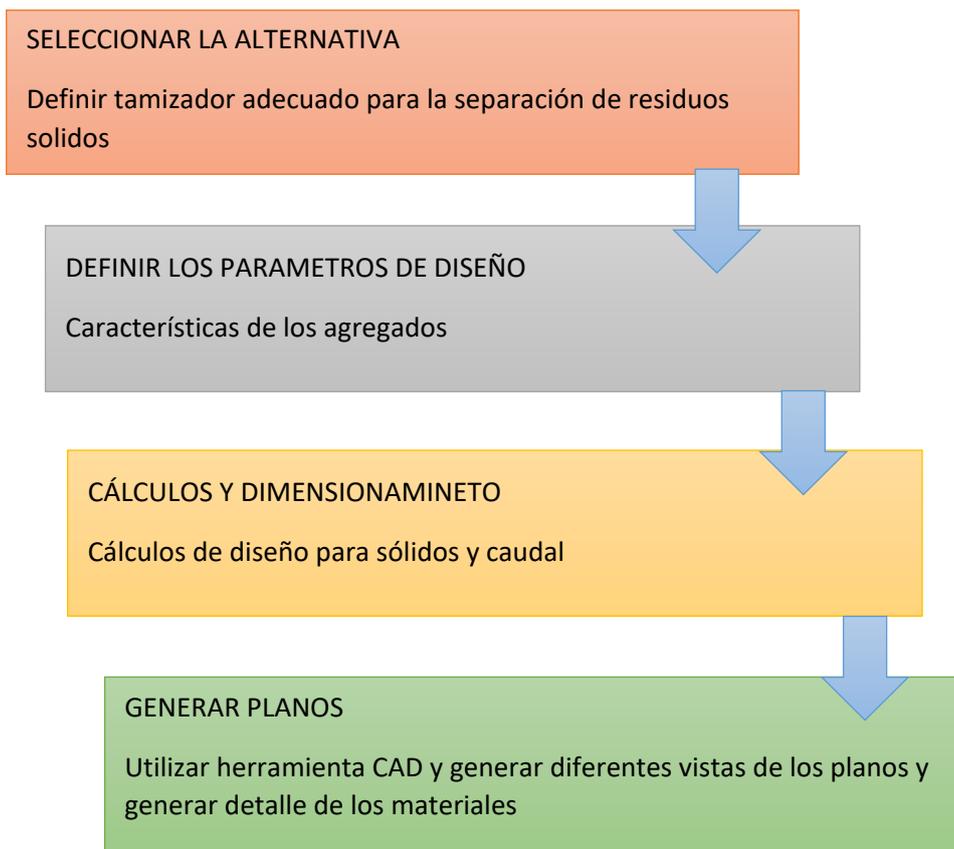
Área: Ambiente

Aspecto: Proceso de pelado de papas

Objeto de estudio: Diseño de un tamizador para la separación de residuos sólidos.

Periodo de análisis: abril 2024 a agosto 2024

Modelo operativo



Seleccionar la alternativa. – En esta etapa se llevará a cabo la selección del tamiz más adecuado, considerando la opción entre un tamiz estático, vibratoria o rotatorio para la separación de residuos sólidos. Es esencial evaluar los criterios operativos más relevantes para asegurar una elección óptima.

Definir los parámetros de diseño. – En esta etapa se define los parámetros de diseño para el tamiz seleccionado, que se debe asegurar que tenga la capacidad de remoción de sólidos de papas, tamaño del tambor, apertura de malla, material de construcción, sistema de accionamiento, sistema de limpieza, control y automatización para la operación del tamiz.

Cálculos y dimensionamiento. – Para diseñar el matriz se debe realizar cálculos que permitan conocer capacidad de filtración, dimensión del tambor, velocidad de rotación, área de tamizado, tamaño de apertura de malla, potencia del motor a utilizar.

Generar planos. – En esta última etapa se llevará a cabo el diseño completo del tamizador, detallando cada pieza y creando modelos en distintas vistas isométricas. Además, se generarán los listados de materiales necesarios para su fabricación.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Para diseñar un tamizador de desechos sólidos, es crucial realizar un reconocimiento exhaustivo del área de estudio. Este proceso incluye evaluar las características del sitio donde se instalará el tamizador, el espacio disponible, condiciones ambientales y cualquier infraestructura existente. Además, es necesario identificar los requisitos legales y normativos que regulan el manejo de desechos sólidos para el cumplimiento legal. Esta información garantiza que el diseño del tamizador se adapte a las condiciones específicas del lugar y cumpla con la separación de residuos orgánicos pertinentes.

Selección de alternativas

Para la selección del tamiz adecuado para la separación de residuos sólidos se evalúa las siguientes opciones que se detalla en la tabla 6

Tabla 6

Selección de alternativas

| ALTERNATIVA | TIPOS DE TAMIZADOR |
|-------------|--------------------|
| 1 | Tamiz estático |
| 2 | Tamiz Vibratorio |
| 3 | Tamiz Rotatorio |

Nota. Elaborado por Damian Lutuala, para la selección de alternativas.

Alternativa 1 tamiz estático

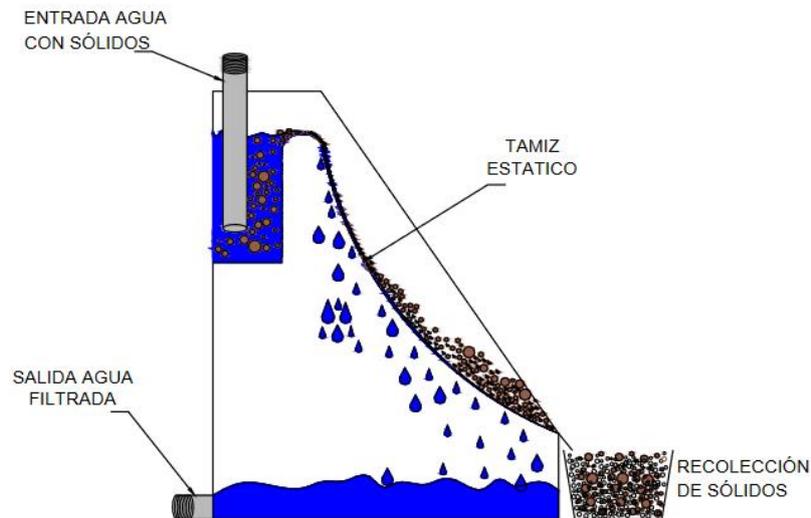
El tamiz estático es un equipo que separa de manera continua los sólidos en suspensión de un líquido, capturando partículas que varían en tamaño desde 0,15 hasta 3 mm, dependiendo del modelo específico, y lo hace sin necesidad de consumo eléctrico como se observa en la siguiente **Figura 3**

Las desventajas del tamiz estático es la posible obstrucción aleatoria, requiere de mantenimiento constante para la remoción de sólidos que se impregnan en la malla, si no se realiza la limpieza de las rejillas tiende a disminuir la capacidad

de filtración generando taponamiento en las rejas y causando el paso directo de agua, su principal función es retener sólidos en la malla y tener paso libre de agua.

Figura 3

Tamiz estático



Nota. Elaborado por Damian Lutuala, ventajas del tamiz estático no requiere de energía eléctrica, la desventaja su eficiencia es baja en autolimpieza.

Alternativa 2 tamiz vibratoria

El tamiz vibratorio se emplea ampliamente en aplicaciones industriales con altos volúmenes de tamizado, se utiliza en diversos procesos para separar materiales cristalinos y granulares, siendo también común en la industria alimentaria para productos tanto húmedos como secos. Este equipo está principalmente controlado por un vibrador acoplado al motor eléctrico montado en su estructura. Normalmente opera en ángulos inclinados que están entre 0 y 30 grados, pueden regular hasta 45 grados, lo que favorece una alta eficiencia en la separación de residuos. La alta velocidad de rotación por minuto favorece significativamente a la separación de sólidos, permitiendo una separación acorde a la malla que puede ser para finos o gruesos. No obstante, las tamizadoras vibratorias presentan algunas limitaciones, como pantallas que pueden ser frágiles y susceptibles a bloqueos inesperados o taparse con facilidad. Con el tiempo, la eficiencia de separación puede disminuir y será

necesario reemplazar las pantallas. En la siguiente figura 4 se puede apreciar funcionamiento del equipo.

Figura 4

Tamiz Vibratoria



Nota: Elaborado por Damian Lutuala, ventajas del tamiz vibratoria eficiente en autolimpieza, la desventaja requiere de energía eléctrica.

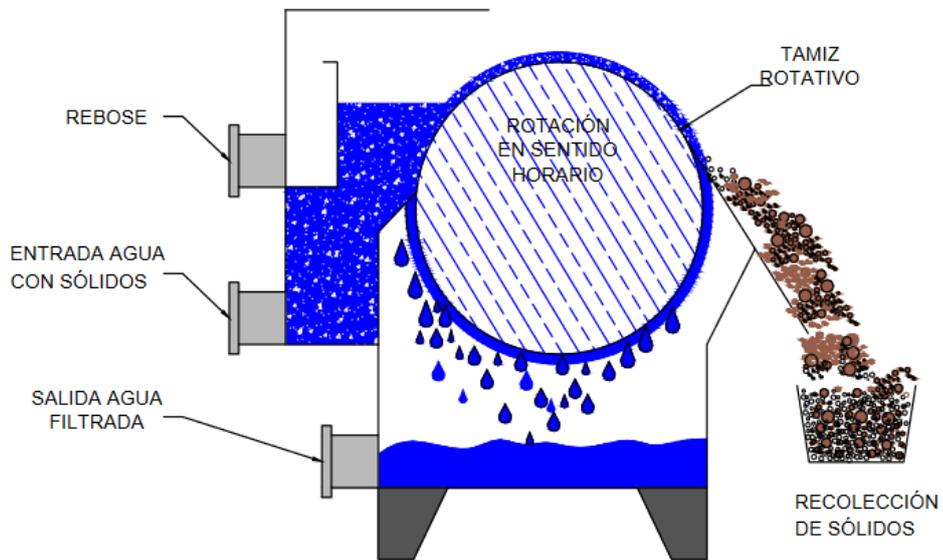
Alternativa 3 tamiz rotatorio

El tamizador rotatorio ofrece una variedad de aplicaciones con capacidades de producción que van desde pequeñas hasta medianas. Su operación se basa en el movimiento rotatorio del tambor, donde los desperdicios quedan sobre el tambor y por su rotación caen libremente a un recolector de sólidos específicos. Esta acción permite retener los sólidos más grandes mientras separa los más finos por secciones. Entre sus ventajas se destacan por la facilidad de instalación que en costos representa tiempos muertos, la operación y el mantenimiento es accesible y puede realizar cualquier persona que tenga conocimientos técnicos. En comparación con la tamizadora del tamizador vibratorio, opera a una rapidez superior.

El tamizador rotatorio cuenta con partes desmontables en todo el cuerpo del equipo, lo que facilita el cambio de la criba. Sin embargo, presenta desafíos como la dificultad para limpiar el tambor rotatorio y limitaciones en ciertas velocidades que podrían dañar los sólidos. En la figura 5 se puede apreciar el modelo del tamiz.

Figura 5

Tamiz Rotatorio



Nota: Elaborado por Damian Lutuala, ventajas del tamiz vibratoria eficiente en autolimpieza, la desventaja requiere de energía eléctrica.

Método de evaluación

Para determinar el tipo de tamizado a diseñar, se evaluarán cinco parámetros utilizando una escala del uno al cinco para cada tipo de tamizador. A continuación, se explica la calificación de cada punto que se le asignara, según se detalla en la siguiente tabla 7.

Tabla 7

Método de selección

| CALIFICACIÓN | SIGNIFICADO |
|--------------|-------------|
| 5 | Excelente |
| 4 | Optimo |
| 3 | Adecuado |
| 2 | Aceptable |
| 1 | Inapropiado |

Nota: Esta tabla permite asignar un valor a los tamices a evaluar.

Para calificar los tipos de tamizadoras, se evaluarán en los siguientes parámetros de selección:

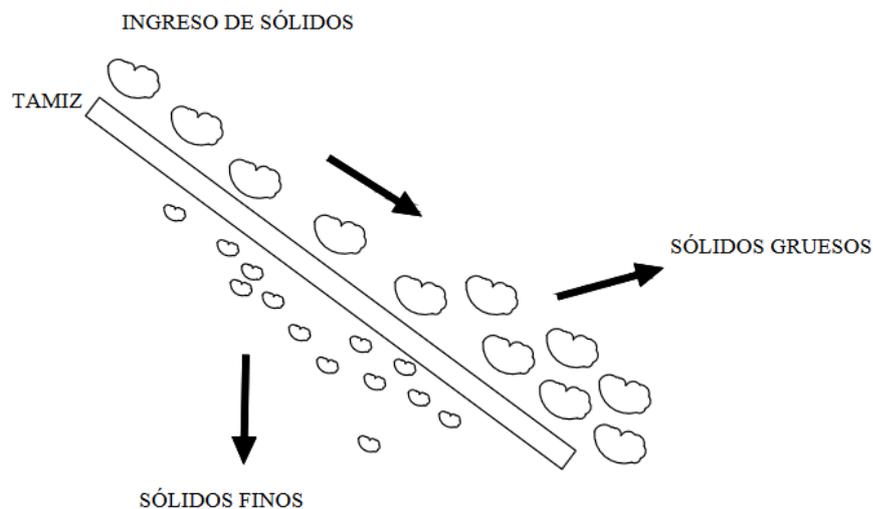
- Capacidad de filtración
- Eficiencia de separación
- Facilidad de operación
- Mantenimiento
- Costo.

Eficiencia de separación

La eficiencia de un tamiz, a menudo denominada rendimiento del tamiz, se evalúa qué tan bien logra una separación de sólidos. En un escenario ideal es la separación de sólidos por filtración superior, mientras que el desecho fino estaría por debajo de la malla inferior. Sin embargo, en la práctica por diversos factores no se obtiene la separación del 100%, una parte de residuos más pequeños que la abertura del tamiz pasa directa con el agua, mientras que una parte del material más grande que la abertura del tamiz se queda sobre ella como se observa en la siguiente grafica.

Figura 6

Separación de sólidos por su tamaño



Nota: Cada modelo del tamiz utiliza la misma malla con diferentes medidas y formas para una separación estimada acorde a su proceso considerando varios factores como caudal, sólidos a retener.

Tabla 8*Calificación de alternativas, eficiencia de separación*

| Tipo | Análisis | Calificación |
|------|---|--------------|
| 1 | Baja eficiencia en la separación debido a la acumulación de sólidos en la rejilla. | 2 |
| 2 | Buena eficiencia gracias a la vibración, pero puede disminuir con materiales muy viscosos | 4 |
| 3 | Excelente eficiencia en la separación debido a su movimiento constante, ideal para altos caudales | 5 |

Nota: La evaluación destaca que el tamiz rotativo es la mejor opción, por su movimiento constante y continuo cuando existe la presencia de agua.

Capacidad de filtración

Tamiz estático: la capacidad de filtración es menor por su diseño en comparación con los tamices vibratorio y rotativo. El tamiz estático es ideal para caudales pequeños, su mecanismo limita la capacidad de remover solidos en grandes volúmenes que representa una limpieza constate para que sea eficiente.

Tamiz vibratorio: Con la frecuencia que vibra permite la separación de solidos de manera adecuada evitando obstrucciones en las rejillas, la cual permite manejar grandes volúmenes de caudal para aplicaciones industriales

Tamiz rotativo: capacidad de alta filtración por su diseño, movimiento rotativo que permite mayor dimensión de filtración de manera uniforme y previene la obstrucción por su movimiento constante con la presencia de fluido, este tipo tamiz está en la capacidad de manejar grandes caudales. En la siguiente tabla N°9 se evalúa la capacidad de filtración de tres alternativas.

Tabla 9*Calificación de alternativa, capacidad de filtración*

| Tipo | Análisis | Calificación |
|------|---|--------------|
| 1 | Capacidad de filtración limitada debido a la usencia de movimiento, adecuado solo para caudales bajos | 2 |
| 2 | Buena capacidad de filtración, aunque puede haber obstrucciones en caudales muy altos | 4 |
| 3 | Alta capacidad de filtración debido a su diseño giratorio que previene obstrucciones constantes | 5 |

Nota: La capacidad de filtración indica que el rendimiento del sistema con una alta calificación para el control de la velocidad del flujo con una puntuación de (5) es que proporciona flexibilidad y eficiencia operativa.

Facilidad de operación

El tamiz estático es de fácil operación, no requiere de energía eléctrica, la acumulación de sólidos en las rejillas hace que se tapone y por ello implica la limpieza constante. La operación de tamiz vibratorio no requiere de limpieza constante ya que su sistema es remover sólidos mediante vibración asistida por un motor eléctrico. La cual permite mantener limpio las rejillas del tamiz.

Tabla 10

Calificación de alternativa, facilidad de operación

| Tipo | Análisis | Calificación |
|------|---|--------------|
| 1 | Operación simple sin necesidad de energía, pero requiere limpieza constante | 3 |
| 2 | Operación más compleja debido a la vibración asistida por un motor eléctrico | 4 |
| 3 | Operación automatizada, mínima intervención manual, ideal para procesos industriales continuos. | 5 |

Nota: El Tipo 1 es el más accesible, mientras que los Tipos 2 y 3 requieren más supervisión técnica. Estas diferencias permiten elegir la opción más adecuada según las necesidades específicas de mantenimiento y operación.

Mantenimiento

La facilidad de mantenimiento se ve influenciada en la facilidad de separación de componentes móviles del cuerpo del tamizador. Un tamiz estático no emplea accionamientos eléctricos o electrónicos, requiere mantenimiento solo en sus partes desmontables. En comparación de un tamizador vibratorio o rotativo incluye todas las partes móviles que van desde la caja reductora hasta los ejes que son partes de la máquina son desmontables, lo que puede complicar su mantenimiento, lo que implica realizar un mantenimiento obligatorio cada cierto tiempo. El diseño de los tamizadores 2 y 3, hace que su mantenimiento sea relativamente sencillo ya que se puede realizar por partes.

Tabla 11*Calificación de alternativas, mantenimiento*

| Tipo | Análisis | Calificación |
|------|--|--------------|
| 1 | Mantenimiento simple pero frecuente debido a la acumulación de sólidos | 3 |
| 2 | Mantenimiento moderado, las partes móviles requieren supervisión, pero el sistema es eficiente | 4 |
| 3 | Mantenimiento sencillo y espaciado, las partes móviles están bien protegidas y son accesibles | 5 |

Nota: la alternativa de mantenimiento de los dos tipos es similares la opción adecuada dependerá de equilibrar la necesidad de frecuencia de mantenimiento.

Costos

El tamizador que se diseñará está destinado a la planta de procesamiento de papas de una empresa mediana del sector alimentario. Esta empresa tiene la capacidad de invertir en la adquisición de un tamizador eficiente para separar residuos sólidos generados durante el pelado de papas. Cada tipo de tamizador tiene distintos mecanismos de funcionamiento, y su especialización está directamente vinculada a su coste. Lo que significa que, a mayor precio su eficiencia es más alta, a menor costo su eficiencia es baja.

Tabla 12*Calificación de alternativas, costos*

| Tipo | Análisis | Calificación |
|------|---|--------------|
| 1 | Bajo costo inicial, pero mayores gastos en mantenimiento y operación manual | 3 |
| 2 | Costo medio, más alto que el estático, pero con mejores prestaciones operativas | 4 |
| 3 | Costo más alto, pero se justifica para su eficiencia y menor necesidad de mantenimiento | 5 |

Nota: Las calificaciones indican que el Tipo 3 es el más costoso, pero ofrece características superiores en términos de resistencia y precisión de control.

Ponderación de los parámetros

Para equilibrar la importancia de cada parámetro, asignamos la siguiente ponderación, que refleja la relevancia de cada criterio descritos en la tabla 13.

Tabla 13

Evaluación comparativa

| FACTORES | PONDERACIÓN |
|--------------------------|-------------|
| Capacidad de filtración | 25% |
| Eficiencia de separación | 20% |
| Facilidad de operación | 15% |
| Mantenimiento | 20% |
| Costo | 20% |

Nota: asignación de importancia relativa (ponderación). Esta importancia se traduce en porcentajes, que suman en total 100%

Selección del tamiz más adecuado

Para determinar la mejor alternativa, se multiplican las puntuaciones de cada factor por su ponderación correspondiente y se suman los resultados como se muestra en la tabla 14.

Ejemplo:

$$25\% * 2 = 0.50$$

Tabla 14

Selección de alternativa por ponderación

| FACTORES | PONDERACIÓN | TAMIZ ESTÁTICO | TAMIZ VIBRATORIO | TAMIZ ROTATIVO |
|--------------------------|-------------|----------------|------------------|----------------|
| Capacidad de filtración | 25% | 0,50 | 1,00 | 1,25 |
| Eficiencia de separación | 20% | 0,40 | 0,80 | 1,00 |
| Facilidad de operación | 15% | 0,45 | 0,60 | 0,75 |
| Mantenimiento | 20% | 0,60 | 0,80 | 1,00 |
| Costo | 20% | 0,60 | 0,80 | 1,00 |
| | total | 2,55 | 4 | 5 |

Nota: La Alternativa 3 es la mejor opción con una puntuación total de 5, seguida por la Alternativa 2 con 4, y la Alternativa 1 con 2.55

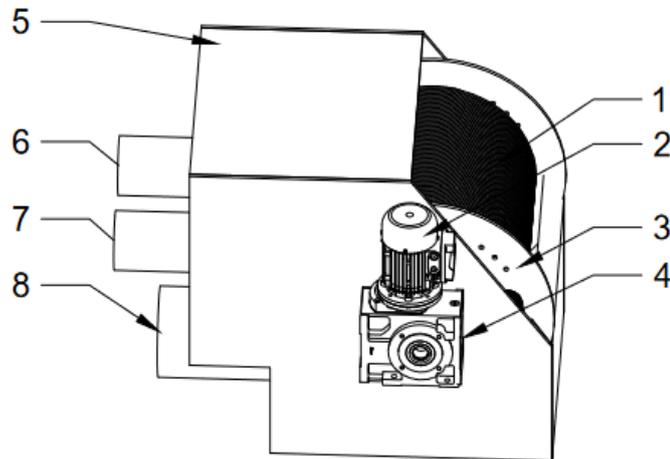
Con la evaluación realizada, se selecciona el tamiz rotativo como la alternativa más adecuada para la separación de desechos sólidos, debido a su alta eficiencia en caudal y separación de volúmenes grandes y con espacios reducidos.

Descripción del tamizador rotativo y sus partes

El tamizador rotativo es un equipo utilizado en la industria para la separación de materiales sólidos. Consiste en un cilindro giratorio que, al estar en movimiento, permite que los materiales pasen a través de su superficie filtrante, separando partículas de diferentes tamaños.

Figura 7

Tamiz rotativo



Nota: Detalle de tamiz rotativo

A continuación, se detallan las partes principales del tamiz rotativo, un equipo esencial en la separación de sólidos en diversos procesos industriales.

1. **Tambor:** Es el componente principal donde se realiza el proceso de tamizado. El tambor gira, permitiendo que el material se separe a través de las mallas según su tamaño.
2. **Motor:** Proporciona la potencia necesaria para hacer girar el tambor rotativo.
3. **Bases del Tambor:** Sostienen el tambor en su lugar y permiten su rotación suave. Asegúrese de que el tambor mantenga su posición durante el funcionamiento.
4. **Caja Reductora:** Ajusta la velocidad y el torque proporcionados por el motor para que sean adecuados para el funcionamiento del tambor rotativo.

5. **Caja del Tamiz:** Contiene y protege los componentes internos del tamizador, incluido el tambor. También ayuda a controlar el flujo de agua de entrada y salida
6. **Rebose:** Permite la descarga de agua cuando el sistema se colapsa.
7. **Entrada de Agua:** Punto por donde se introduce el agua en el sistema para que pase por el tambor y separe los sólidos
8. **Salida de Agua Filtrada:** Punto de descarga de agua filtrada, libre de sólidos gruesos.

Definición de los parámetros de diseño del tamizador

Para lograr una separación eficiente de sólidos en el tamizador rotativo, es fundamental tener en cuenta una serie de parámetros. Estos incluyen la velocidad de rotación, el tamaño de las aberturas de la malla, la inclinación del tamiz, tipo material que resista el contacto con el agua. Cada uno de estos factores influye en el rendimiento general del equipo, asegurando que los sólidos sean correctamente separados y el proceso sea efectivo.

Tamaño de las partículas: para determinar el tamaño del residuo sólidos a separar del agua se realiza la caracterización con diferentes mallas para determinar la granulometría del sólido como se muestra en la tabla en la tabla 15.

Tabla 15

Caracterización del tamiz

| Caracterización del tamiz | | | | |
|---------------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
| Tamiz | | | | |
| Malla# | Diámetro (mm) | Masa ret (g) | %retenido | %pasa |
| 4 | 4,75 | 0 | 0,00 | 100,00 |
| 10 | 2 | 18,5 | 4,39 | 95,61 |
| 20 | 0,85 | 53,2 | 12,63 | 82,98 |
| 40 | 0,425 | 90,5 | 21,49 | 61,49 |
| 60 | 0,25 | 81,8 | 19,42 | 42,07 |
| 100 | 0,15 | 92,2 | 21,89 | 20,18 |
| 200 | 0,0754 | 58,5 | 13,89 | 6,29 |
| Fondo | | 26,5 | 6,29 | 0,00 |
| Total | | 421,2 | 100,00 | |

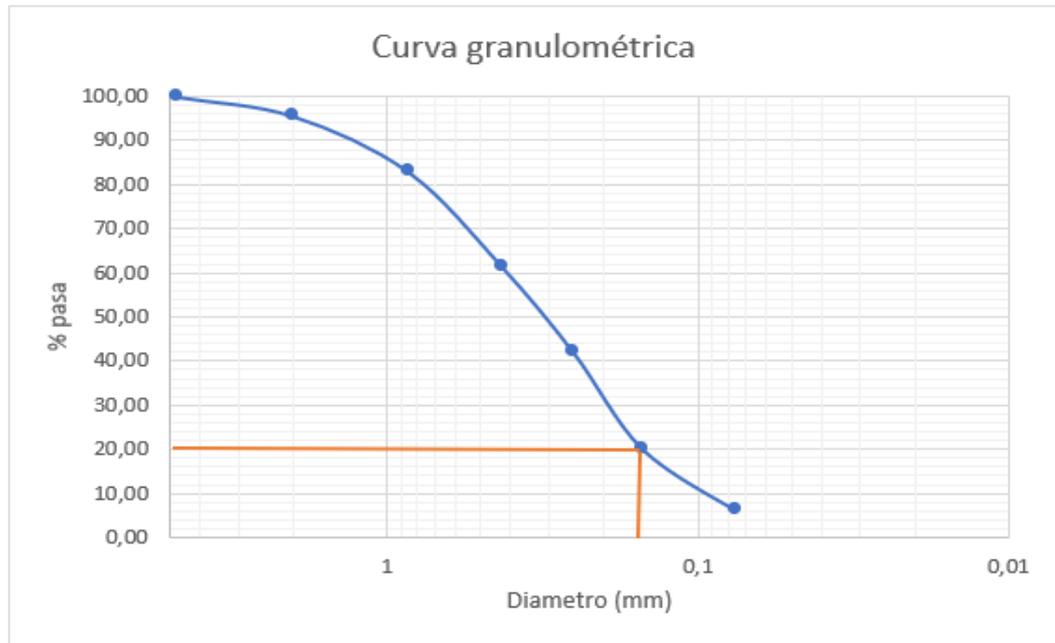
Nota: tabla resumen la distribución de masa retenida en cada tamiz y el porcentaje de material que pasa por cada uno, lo que permite entender mejor el comportamiento de residuos sólidos

La tabla presentada resume la distribución del material tras un proceso de tamizado, utilizando tamices de diferentes tamaños de malla. Se observa cómo el porcentaje de masa retenida varía en cada tamiz, lo que indica la eficacia del proceso de separación de partículas de diferentes tamaños. El primer tamiz con malla #4 (diámetro de 4,75 mm) no retuvo material, lo que sugiere que todas las partículas son más pequeñas que este tamaño. A medida que disminuye el tamaño de las mallas, aumenta la masa retenida, alcanzando su máximo en los tamices con mallas #40 y #100. El fondo del tamiz recoge el material más fino, representando un 6,29% del total. Esta distribución es crucial para evaluar la eficiencia del tamiz rotativo y su capacidad para separar materiales según el tamaño de partícula.

En la caracterización del tamiz, podemos concluir que este método de análisis granulométrico es efectivo para determinar la distribución de tamaños de partículas. Se verifica que a medida que aumenta el número de malla (que corresponde a un tamaño de abertura menor), aumenta el porcentaje de material retenido, lo cual indica una disminución en el tamaño promedio de las partículas. Por otro lado, el porcentaje que pasa a través del tamiz disminuye a medida que aumenta el tamaño de la malla.

Figura 8

Curva Granulométrica



Nota: la curva granulométrica permite una selección adecuada de la malla

La curva granulométrica permite seleccionar el porcentaje de sólidos que será retenido y el porcentaje de sólidos que pasa como se observa en la gráfica 7. En este caso específico requiere separar 80% de desechos sólidos gruesos y el 20% de sólidos finos pasa por la malla de 1.19 mm de diámetro como se observa en la curva

Composición de materiales: El 80% de residuos gruesos de papa será retenido o separado del agua y el 20% de sólidos finos pasará al tratamiento primario.

Cantidad de Materia Prima procesada

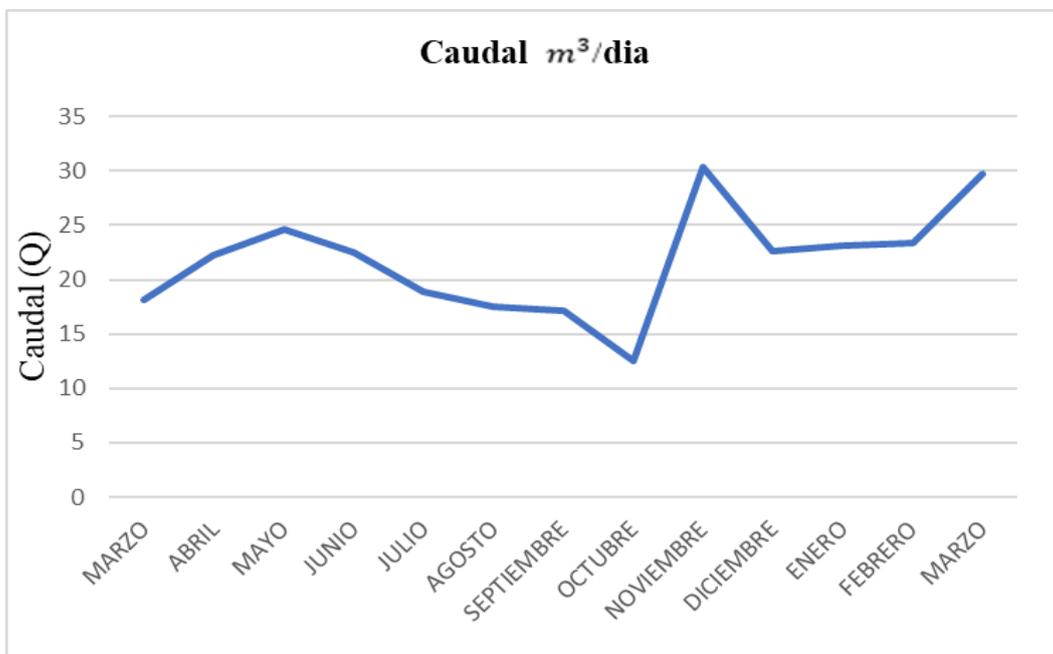
Para diseñar un tamizador eficiente, es fundamental identificar la mayor cantidad de materia prima procesada durante el último periodo. En la figura N°1 se puede analizar los registros de materia prima y se determina que el pico más alto es de 75762 kilogramos (kg) de papa procesada y en el muestreo de cono Imhoff se puede visualizar los sólidos sedimentables como se observa en la figura 2 que están por encima de la norma.

Caudal

La empresa diariamente utiliza un método de pelado de papa que implica el uso de $30 \text{ m}^3/\text{día}$ de agua. Durante este proceso el agua remueve los residuos orgánicos arrastrando hacia los vertederos existentes en la cual se retiene la mayor parte sólidos. Sin embargo, una parte significativa de estos desechos de papas peladas terminan en los vertederos de agua cercano.

Figura 9

Caudal de consumo 2023-2024



Nota. La figura 3 presenta el caudal de agua utilizado durante el periodo 2023 a 2024, se observa una variación en el caudal a lo largo de los meses. Se obtiene el caudal más alto de consumo $30.3 \text{ m}^3/\text{día}$ en noviembre.

Con el caudal máximo utilizado se procede a calcular lo siguiente:

Caudal medio (Q_m):

$$Q_m = \frac{30.3 \text{ m}^3}{\text{día}} \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}}$$
$$Q_m = 1.26 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se requiere calcular el flujo máximo en caso de que haya aumentos repentinos en el flujo de entrada, garantizando así su operación adecuada.

Caudal máximo:

$$\text{Caudal máximo } (Q_{max}) = 30.3 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 10\%$$

$$Q_{max} = 33.03 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Cálculo de la Reja de Tamiz para la Retención de Sólidos de papas

El diseño de la reja de tamiz es crucial para asegurar la retención de sólidos finos mientras se permite el paso de líquidos y materiales más pequeños. Para calcular el tamaño de la malla de tamiz, se realizaron pruebas con diferentes tamaños de partículas y tipos de material. Se emplearon simulaciones y pruebas prácticas para determinar el tamaño óptimo de las aberturas del tamiz. Estas pruebas aseguraron que el tamiz pueda retener eficazmente los sólidos finos sin bloquearse ni reducir su eficiencia. El resultado es una reja de tamiz diseñada para maximizar la retención de sólidos finos, mejorando la calidad del producto final y la eficiencia del proceso de separación.

$$M = \frac{1}{a + w} \quad a = \frac{1}{M} - w \quad (\text{ecu. 1})$$

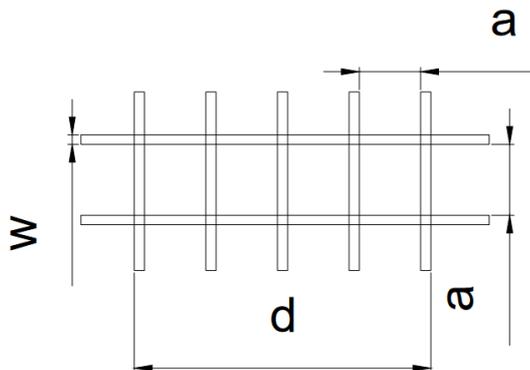
$$\text{Tamaño de abertura} = \frac{1plg - (n. hilos * \text{diámetro del alambre})}{n. de aberturas}$$

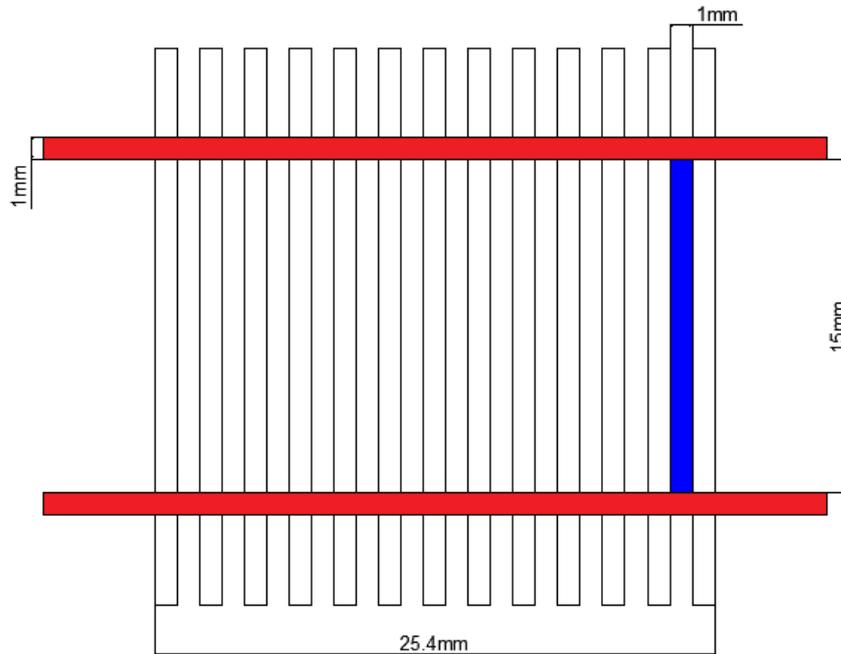
Donde:

M= Tamaño de malla

w= diámetro del alambre

a= suma de la abertura





se aplica la siguiente ecuación

$$\text{Tamaño de abertura} = \frac{25.4\text{mm} - (12 * 1)}{12} = 1.12 \text{ mm}$$

$$M = \frac{25.4}{1.12} = 22.68 \text{ Anexo 3}$$

Datos de la tabla *Tylor*

$$\text{Luz} \geq 0.701 \text{ in}$$

$$D \geq 0.0141 \text{ in}$$

$$0.701 \text{ in} = 7.01 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$0.0141 \text{ in} = 3.5814 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$m \geq \text{Luz} + d$$

$$M \geq \frac{2.54 \text{ cm}}{(7.01 \times 10^{-4} \text{ m}) + (3.5814 \times 10^{-4} \text{ m})}$$

$$M \geq \frac{2.54 \text{ cm}}{1.7 \times 10^{-4} \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 23.98 = 24$$

El valor resultante indica que el tipo de la malla es 24, como se puede comprobar en la tabla *Tylor* (**Anexo 3**) antes mencionada

Para calcular la velocidad de paso en el canal o velocidad de aproximación a la reja de barras, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = Ah * V$$

$$V = \frac{Q}{Ah} \quad (\text{ecu. 2})$$

Donde:

Q = caudal máx. (m^3/s)

Ah= área hidráulica

n = coeficiente de rugosidad

v = velocidad en el canal abierto

S = Pendiente

Para calcular la pendiente del canal del tamiz rotativo se considera los siguientes datos

Datos:

Radio del tamiz (r)= 25 cm = 0.25 m

Longitud del tamiz (L) = 60 cm = 0.6 m

Material de rugosidad considerado (n)= 0.016

Para calcular la pendiente S de un tambor de tamiz rotativo, requiere entender la inclinación del tambor respecto a la horizontal. Esta pendiente se suele expresar en porcentaje o en grados. Para simplificar el cálculo, utilizaremos la pendiente en grados.

La pendiente S se puede definir como el ángulo (θ) entre la longitud del tambor y la horizontal. Para un tambor de tamiz con una longitud (L) de 60 cm y un diámetro (D) de 50 cm, la pendiente no depende directamente de estas dimensiones, sino del ángulo al que se instala el tambor.

La fórmula básica para calcular la pendiente en porcentaje (%) o en grados (θ) es:

Pendiente en grados (θ):

$$\theta = \arctan\left(\frac{\text{altura}}{\text{longitud}}\right)$$

Pendiente

$$S = \left(\frac{\text{altura}}{\text{longitud}}\right)$$

Pendiente para los tambores de tamiz rotativo, de 5 grados, calculamos la altura (h) y la pendiente:

$$\theta = 5$$

$$h = L * \tan (\theta)$$

$$h = 0.6 \text{ cm} * \tan (5)$$

$$h = 0.6 \text{ cm} * 0.08749$$

$$h = 5.25 \text{ cm} = 0.0525 \text{ m}$$

La pendiente (S) se define como la relación entre la altura (h) y la longitud (L):

$$S = \left(\frac{h}{L} \right) \quad (\text{ecu. 3})$$

$$S = \left(\frac{0.0525 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} \right)$$

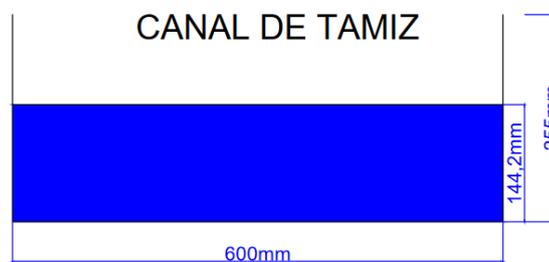
$$S = 0.0875$$

Con la siguiente ecuación se calcula la velocidad de paso en el canal o velocidad de aproximación a la reja usando la fórmula proporcionada:

$$Q = Ah * V$$

$$V = \frac{Q}{Ah}$$

La ecuación 4 permite calcular el área hidráulica necesaria para el diseño del sistema. Esta área se determina utilizando la siguiente fórmula, que se detalla en el **Anexo 4**. Es fundamental considerar esta ecuación para garantizar un dimensionamiento adecuado y un rendimiento eficiente del sistema.



$$600 \text{ mm} = 0.6 \text{ m}$$

$$255 \text{ mm} = 0.225 \text{ m}$$

$$Ah = by \quad (\text{ecu. 4})$$

$$Ah = 0.6 \text{ m} * 0.225 \text{ m}$$

$$Ah = 0.135\text{m}^2$$

La ecuación 5 permite calcular perímetro mojado con la siguiente fórmula:

$$Pm = b + 2y \quad (\text{ecu. 5})$$

$$Pm = 0.6 \text{ m} + 2(0.225 \text{ m})$$

$$Pm = 1.05\text{m}$$

La ecuación 6 permite calcular radio hidráulico con la siguiente fórmula:

$$Rh = \frac{by}{b + 2y} \quad (\text{ecu. 6})$$

$$Rh = \frac{0.135\text{m}^2}{1.05\text{m}}$$

$$Rh = 0.129 \text{ m}$$

La ecuación 7 permite calcular gasto con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{Ah}{n} * (Rh)^{\frac{2}{3}} * (S)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{ecu. 7})$$

$$Q = \frac{0.135\text{m}^2}{0.016} * (0.129\text{m})^{\frac{2}{3}} * (0.0875)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0.64 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con la siguiente ecuación calculamos la velocidad de canal:

$$V = \frac{Q}{Ah} \quad (\text{ecu. 8})$$

$$V = \frac{0.64 \text{ m}^3/\text{s}}{0.135\text{m}^2}$$

$$V = 1.21 \text{ m/s}$$

Se sugiere mantener una velocidad mínima de 0.4 m/s para evitar el arrastre de residuos en el tamiz.

Con los resultados obtenidos para la separación de residuos sólidos finos se presentan los siguientes datos para el diseño del sistema:

- Tamaño de malla 150 mm

- Caudal a tratar $0.00038\text{m}^3/\text{s}$
- Pendiente del canal (S) 0.0875
- Velocidad de paso por el canal (V) 1.21 m/s

Estos datos proporcionan una base sólida para el diseño del sistema de separación de sólidos finos. Al considerar el tamaño de la malla, el caudal máximo, la pendiente del canal y la velocidad de paso, asegura un funcionamiento eficiente del tamiz rotativo, en la separación de residuos generados en el proceso de pelado de papas en la empresa de alimentos.

Para determinar el área efectiva del tamiz, se aplica la fórmula indicada, considerando que el diámetro del tambor es de 0.5 metro y su longitud es de 0.6 m por su espacio disponible.

Area del tamiz tambor:

Para calcular el área de un tamiz de tambor, necesitas conocer las dimensiones del tambor, específicamente el diámetro y la longitud:

$$A_l = \pi * D * L \quad (\text{ecu. 9})$$

Donde:

A_l : es el área lateral del tambor

π : es una constante

D: diámetro del tambor

L: longitud del tambor

Para determinar el área efectiva del tamiz, se aplica la fórmula indicada, considerando que el diámetro del tambor es de 0.5 metro y su longitud es de 0.6 m por su espacio disponible in situ.

$$A_l = \pi * 0.5\text{m} * 0.6\text{m}$$

$$A_l = 0.94 \text{ m}^2$$

Área de los extremos circulares:

$$A_e = 2 \left(\pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right) \quad (\text{ecu. 10})$$

Done:

A_e : área de los extremos

$\frac{D}{2}$ radio del tambor

$$A_e = 2 \left(\pi \left(\frac{0.5m}{2} \right)^2 \right)$$

$$A_e = 0.39m^2$$

Área total tamiz tambor

A_e : área de total del tamiz

$$A_t = A_l + A_e$$

$$A_t = 0.94m^2 + 0.39m^2$$

$$A_t = 1.33m^2$$

Por lo tanto, el área total del tamiz es de $1.33 m^2$

Peso del tambor

Para calcular el peso del tambor, requiere conocer las dimensiones del cilindro y el material del que está hecha.

Calcular el volumen de la tubería, en este caso es un cilindro hueco, para la cual aplicamos la siguiente ecuación:

$$V = \pi * \left(\frac{D_o}{2} \right)^2 * L - \pi * \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 * L \quad (\text{ecu. 11})$$

Simplificando la ecuación queda:

$$V = \pi * \frac{L}{4} * (D_o^2 - D_i^2)$$

Donde:

V: volumen

P: peso

L: longitud

D_o : diámetro externo

D_i : diámetro interno

Se calcula el volumen total con una consideración del 50% del tambor por las perforaciones o cortes de 1 mm por 1mm, la cual se divide la longitud total para dos, dado el resultado de 0.3 de longitud maciza

$$V = \pi * \frac{L}{4} * (D_o^2 - D_i^2)$$

$$V = \pi * \frac{0.3m}{4} * (0.5m^2 - 0.48m^2)$$

$$V = 0.0046m^3$$

Para calcular el peso del tambor se aplica la siguiente ecuación:

$$P = V * \rho \quad (\text{ecu. 12})$$

Donde:

P: peso

V: volumen

ρ : densidad del material

se utilizará la densidad de 7980 kg/m³ de acero inoxidable 316

$$P = V * \rho$$

$$P = 0.0046m^3 * 7980 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 36.71 \text{ kg}$$

El peso es de 37 kg considerando que el tubo se encuentra con sus aberturas para la filtración del agua

Selección del motorreductor

Para calcular el motor necesario para girar un tamiz rotativo

Donde:

Momento de inercia (I) del tambor

Velocidad angular (ω) deseada

La potencia del motor (P) necesaria se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

Donde:

P_a : es la potencia del motor

W: trabajo

ma: masa

V_t velocidad tangencial

ω : velocidad angular

T: torque

η : eficiencia del sistema (85%)

$$P = T * \omega$$

$$V_t = \omega r$$

$$\omega r = 100 \frac{rpm}{min} \frac{2\pi rad}{1rpm} \frac{1min}{60s} * 20in \frac{0.0254m}{1in}$$

$$\omega r = 5.32m/s$$

El momento de inercia del cilindro, que en este caso corresponde al tambor, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$I = \frac{1}{2} M (R_1^2 + R_2^2) \quad (ecu. 13)$$

Donde:

M: masa del tambor

R_1 : Radio interno del motor

R_2 : Radio externo del motor

En la figura 2 se obtiene 4000mg/ de solidos suspendidos, se transforma el valor a kg y se obtiene lo siguiente datos:

$$400 = \frac{mg}{l} \frac{1 * 10^{-6}kg}{1mg} = 0.004 kg/l$$

$$0.004 \frac{kg}{l} * 1260 l = 5kg$$

$$M = 5kg + 36.71 kg = 41.71kg$$

$$I = \frac{1}{2} 41.71kg (0.25^2 + 0.24^2)$$

$$I = 3.6 kg * m^2$$

Se calcula la potencia del motor:

$$P_a = 41.71kg * 9.81m/s^2 * V_t$$

$$P_a = 41.71kg * \frac{9.81m}{s^2} * \frac{5.32m}{s}$$

$$P_a = 2176.81 \text{ kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^3} \quad 1 \text{ watts} = \text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^3}$$

$$P_a = 2176.81 \text{ Watts}$$

$$P_a = 2176.81 \text{ W} * \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ W}}$$

$$P_a = 2.91 \text{ hp}$$

$$P_a = 2.176 \text{ kW}$$

Se necesita un motor de 3 hp para girar el tambor

Para calcular la potencia de entrada aplicamos la siguiente ecuación:

$$P_e = \frac{P_a}{R_c} \quad (\text{ecu. 14})$$

Donde:

P_a : potencia del motor

P_e : potencia de entrada

R_c : rendimiento del motorreductor

Para el rendimiento del motorreductor se utiliza un factor de 0.85 del motorreductor angular dado por el fabricante que se encuentra en **Anexo 4**, catalogo WEG

$$P_e = \frac{2.176 \text{ kW}}{0.85}$$

$$P_e = 2.56 \text{ kW}$$

Para calcular la relación exacta del reductor se utiliza la siguiente ecuación:

$$i_{ex} = \frac{w_e}{w_s} \quad (\text{ecu. 15})$$

Donde:

i_{ex} : Relación de reducción exacta del reductor

w_e : velocidad angular de entrada

w_s : velocidad angular de salida

fs: factor de servicio

La relación de reducción, i_{ex} de 17.09 es proporcionada directamente por el fabricante; consulte el anexo 4 para más detalles.

$$i_{ex} = \frac{w_e}{w_s}$$

$$w_e = i_{ex} * w_s$$

$$w_e = 17.09 * 100rpm$$

$$w_e = 1700rpm$$

Con la siguiente ecuación se calcula potencia de mando:

$$P_m = P_e * F_s$$

Donde:

P_m : potencia de mando

P_e : potencia de entrada

F_s : factor de servicio

Para el remplazo de potencia de entrada se considera el valor real que no da el fabricante, en este caso la potencia es de 2.20kW. ver anexo 4

$$P_m = 2.20kW * 0.97$$

$$P_m = 2.13kW$$

Para girar el tamiz rotativo se requiere un motor de 3 hp con una potencia de entrada de 2.56 kW y una relación de reducción de 17.09 para alcanzar la velocidad angular deseada. La potencia de mando del sistema se determina en 2.13 kW, lo que asegura un funcionamiento adecuado del motorreductor en las condiciones especificadas.

Automatización del tamizador

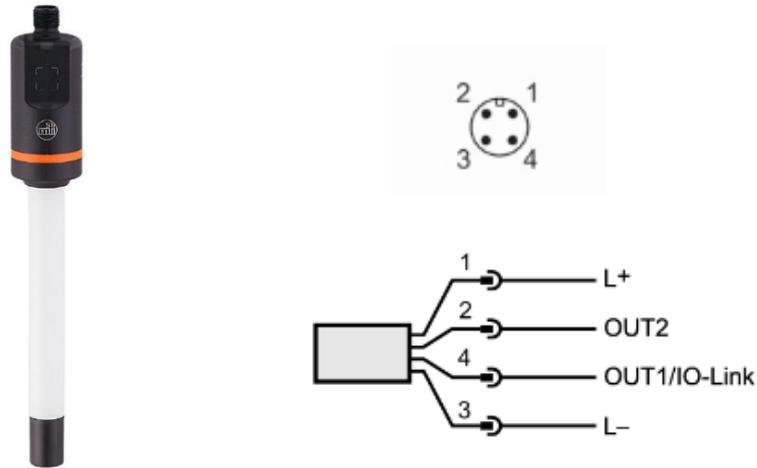
Para girar el tambor automáticamente con la presencia de agua en la caja del tamizador se requiere de elementos de control para asegurar su funcionamiento adecuado para evitar la operación manual. A continuación, se detalla cada elemento a utilizar para la automatización del tamiz rotativo.

Sensor para detección de nivel (ifm-LI5131)

El sensor LI5131 es un dispositivo de alta precisión diseñado para la supervisión confiable del valor límite de caudal en tanques y depósitos. Este sensor es esencial para garantizar la seguridad y eficiencia en una amplia gama de aplicaciones industriales, a continuación, se detalla las características del sensor para el control de nivel de volumen (agua)

Figura 10

Sensor de nivel ifm-LI5131



Nota: El sensor supervisará el nivel de líquido y enviará la señal al PLC, el cual procesará dicha señal para activar el motorreductor o la electroválvula según la lógica de programación y funcionamiento del proceso.

Características del sensor LI5131

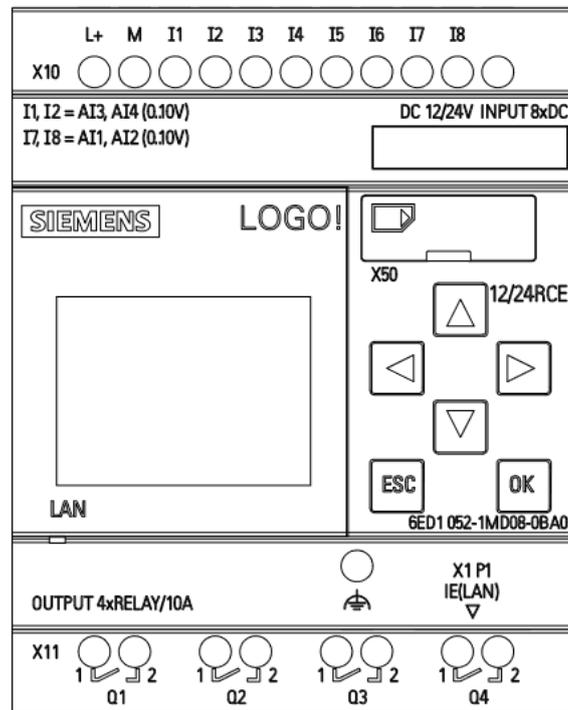
- Alimentación: 9.6 – 350 VDC PNP/NPN
- Señal de salida: IO-Link
- Medición: Fluidos acuosos
- Longitud de varilla: 132 mm
- Zona reactiva: 28 mm
- Rango temperatura: -25°C - 85°C
- Tiempo de respuesta: <0.3 seg.
- Protección: IP68
- Homologación: UL

PLC logo siemens 12/24RC

El PLC Logo Siemens 12/24RCE es una solución versátil para la automatización de pequeñas aplicaciones industriales. Este controlador lógico programable (PLC), está diseñado para ofrecer una amplia gama de funcionalidades en un paquete compacto y fácil de usar. A continuación, las características PLC.

Figura 11

Logo siemens 12/24RC



Nota: El PLC controlará automáticamente la operación del tambor en función del ingreso de agua. Gestionará los movimientos del motor y la apertura de la electroválvula para la limpieza de la malla de manera automatizada.

Características del PLC Logo siemens 12/34RC

- Alimentación: 12/24 VDC
- Entradas digitales: 8DI
- Salidas Relé: 4 DO
- Comunicación: ethernet
- Software libre: Logo soft V8.3

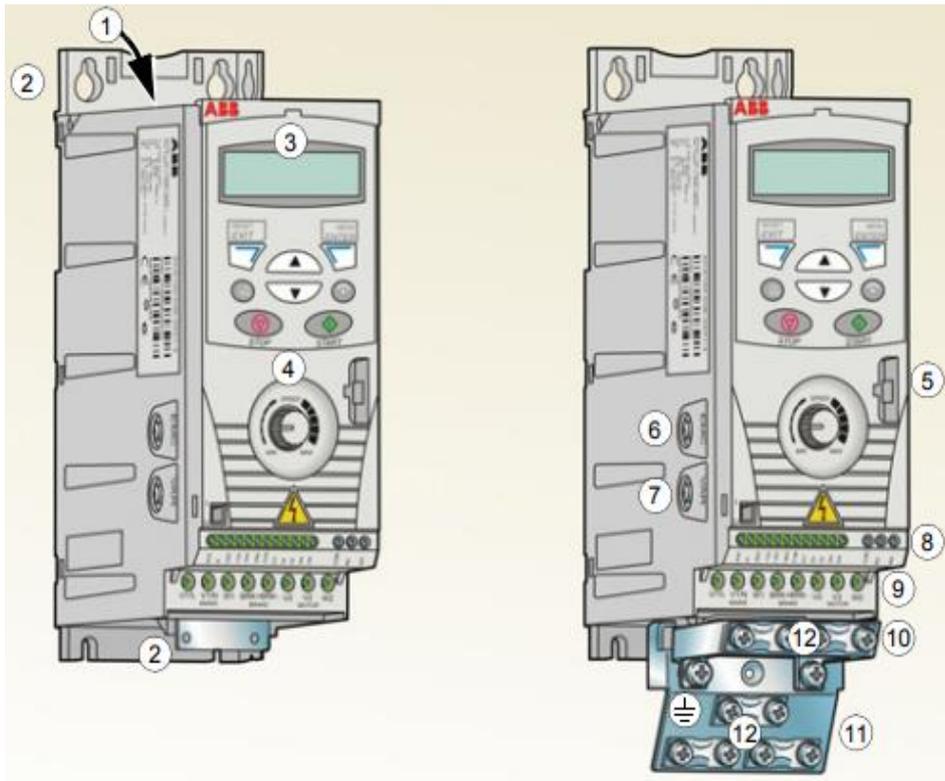
El PLC Logo Siemens es una solución poderosa y flexible para la automatización de procesos pequeños y medianos. Su combinación de características avanzadas, facilidad de uso y capacidades de comunicación lo convierten en una opción ideal para una amplia variedad de aplicaciones. Con su diseño modular y expandible, el PLC Logo Siemens ofrece una plataforma robusta y confiable para mejorar la eficiencia y el control en entornos industriales y domésticos.

Variador de frecuencia (VDF).

Un variador de frecuencia (VDF) es un dispositivo esencial en la automatización y control de motores eléctricos. Permite ajustar la velocidad y el torque de un motor de corriente alterna (CA) de manera precisa, lo cual optimiza el rendimiento del sistema y reduce el consumo de energía.

Figura 12

Variador de frecuencia 3hp



Nota: Variador de frecuencia comandará el funcionamiento del motor acorde a la señal del PLC y actuará según la lógica de programación y configuración.

Características del variador de frecuencia

1. Salida de refrigeración
2. Orificios de montaje
3. Panel de control integrado
4. Potenciómetro integrado
5. Conexión flashdrop
6. Conexión a tierra filtro
7. Conexión a tierra varistor

8. Conexión de entrada y salidas (E/S)
9. Conexión de alimentación, motor y resistencia de frenado
10. Placa de fijación E/S
11. Placa de fijación
12. Abrazaderas

Disyuntor

Un disyuntor es un dispositivo de protección eléctrica fundamental que se utiliza para interrumpir el flujo de corriente en un circuito cuando se detecta una sobrecarga o un cortocircuito. Su función principal es proteger tanto los equipos eléctricos como a las personas, evitando daños y accidentes causados por fallos eléctricos.

Figura 13

Disyuntor para rioldin



Nota: El disyuntor es un componente eléctrico, que proporciona una protección esencial contra sobrecargas y cortocircuitos. Su capacidad para interrumpir rápidamente el flujo de corriente en condiciones de falla previene daños a equipos y reduce el riesgo de incendios y accidentes eléctricos.

Fuente 24VDC

Una fuente de alimentación de 24VDC es un componente esencial en muchos sistemas industriales y aplicaciones electrónicas. Proporciona un voltaje de corriente continua (DC) estable y confiable para alimentar dispositivos y equipos.

A continuación, se detallan las características, aplicaciones y beneficios de las fuentes de alimentación de 24VDC

Figura 14

Fuente DRL-24V75W1AZ3.125A



Nota: La fuente de 24VDC se utilizará para la parte de mando en el tablero eléctrico, asegurando un suministro de energía estable y seguro.

Características De la fuente

Input voltaje: 100-240 VAC

Input frequency: 50-60 Hz

Output volatge: 24 VDC

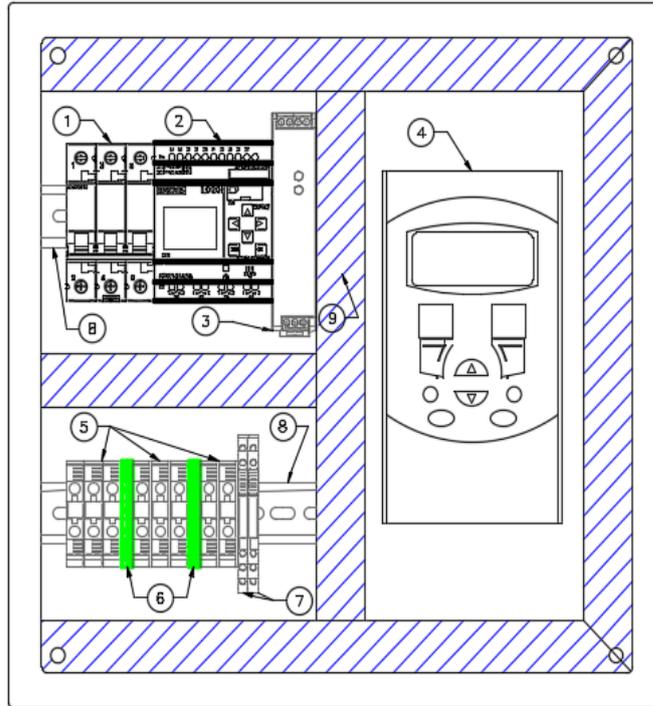
Diseño de tablero de control

Se presenta layout del tablero de control en la siguiente grafica N°15 para el tamiz rotativo, considerando tanto la funcionalidad del equipo como las seguridad y facilidad de uso con todos los elementos antes revisados.

El tablero eléctrico está compuesto de los siguientes elementos que se detalla a continuación en la tabla N°16 acorde al diseño.

Figura 15

Tablero de control eléctrico



Nota: Realizado por Damian Lutuala, se presenta el diseño del tablero eléctrico

Tabla 16

Detalle de controladores

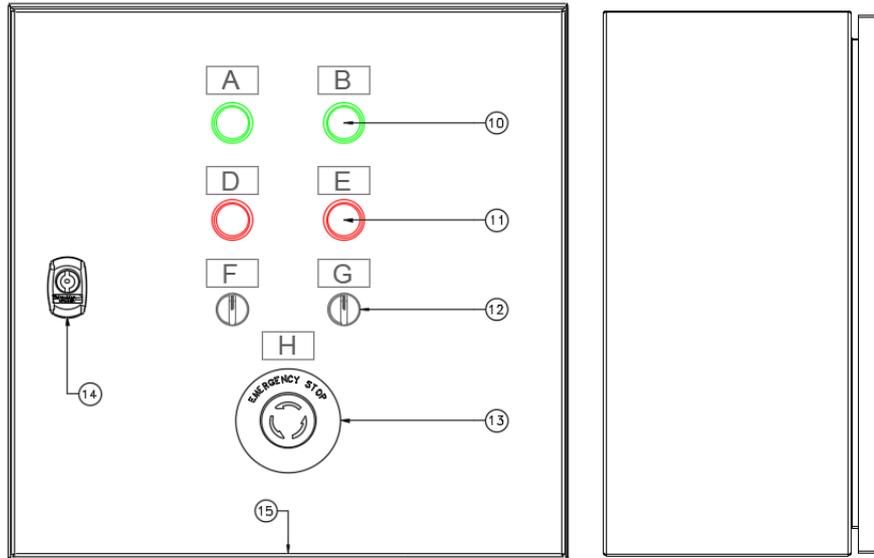
| Ítem | Cantidad | Descripción |
|------|----------|--|
| 1 | 1 | Breaker de 16 Amp. 3 polos, para rieldin |
| 2 | 1 | PLC logo siemens 24RC - DI8 - DO4 |
| 3 | 1 | Fuente Delta 24 - VDC |
| 4 | 1 | Variador de Frecuencia 220V - 3PH - 3HP |
| 5 | 8 | Borneras de 16 mm ² |
| 6 | 2 | Borneras de tierra 16 mm ² |
| 7 | 2 | Relé de 8 pines bobina 24VDC + Base |
| 8 | 1 m | Rieldin |
| 9 | 1 m | Canaleta ranurada de 30*40*30 mm |

Nota: Realizado por Damian Lutuala, detalle de materiales a utilizar para su construcción del tablero eléctrico

La parte frontal del tablero de control eléctrico está diseñada para proporcionar información intuitiva para los operadores, que podrán visualizar si el equipo está en modo operativo, trabajo o en falla garantizando una operación segura y eficiente del tamiz rotativo como se observa en la siguiente grafica N°16

Tabla 17

Diseño frontal del tablero eléctrico



Nota: Realizo por Damian Lutuala, Diseño frontal del tablero eléctrico

El tablero eléctrico está compuesto de los siguientes elementos que se detalla a continuación en la tabla N°18 y 19 acorde al diseño

Tabla 18

Detalle de indicadores

| Ítem | Cantidad | Descripción |
|------|----------|----------------------------------|
| 10 | 2 | Luz polito verde bobina 24 VDC |
| 11 | 2 | Luz polito rojo bobina 24 VDC |
| 12 | 2 | Selector de 3 posiciones – SPDT |
| 13 | 1 | Pulsador tipo hongo / NC |
| 14 | 8 | Cerradura tipo T |
| 15 | 2 | Gabinete metálico 400*400*200 mm |

Nota: Realizado por Damian Lutuala, detalle de materiales

Tabla 19

Detalle de indicadores del tablero eléctrico

| Ítem | Cantidad | Descripción |
|------|----------|---------------------------------------|
| A | 1 | Encendido Motorreductor |
| B | 1 | Encendido Válvula solenoide |
| D | 1 | Sobrecarga Motorreductor |
| E | 1 | Operativo Válvula solenoide |
| F | 1 | Mando MAN-OFF-AUT (motorreductor) |
| G | 1 | Mando MAN-OFF-AUT (Válvula solenoide) |
| H | 1 | Paro de emergencia |

Nota: Realizado por Damian Lutuala, Detalle de indicadores de cada elemento a utilizar en el tablero de control.

El diseño del tablero de control eléctrico para el tamiz rotativo se ha desarrollado con el objetivo de automatizar el proceso, asegurando una operación segura y eficiente. El sistema incorpora elementos de control como el sensor de nivel ifm-LI5131, el PLC Logo Siemens 12/24RCE, un variador de frecuencia, un disyuntor y una fuente de 24VDC, todos cuidadosamente seleccionados y dispuestos para optimizar el rendimiento del equipo. Este diseño garantiza una supervisión precisa del nivel de agua, un control automático del tambor y una protección eficaz contra fallos eléctricos. Los diagramas unifilares de control y fuerza ver anexo

Resultados esperados.

Este proyecto con los resultados de cálculo y diseño realizado propone la implementación de un tamizador rotativo para la separación de desechos sólidos en la planta de procesamiento de papas. El objetivo principal es mejorar la eficiencia en la separación de residuos presentes en el agua. Para ello, se evaluaron tres alternativas de tamizadores: estático, vibratorio y rotativo. Basándonos en criterios de capacidad de filtración, eficiencia de separación, facilidad de operación, mantenimiento y costos, se seleccionó el tamizador rotativo. Según la evaluación presentada en la **Tabla 14**, este diseño demostró ser el más efectivo en la separación

de sólidos. Con la implementación del tamiz rotativo bajarían la carga orgánica que tienen en el agua (sólidos sedimentables), acorde a las pruebas realizadas como se observa la **Figura 2**, se verifica que está por encima de la norma. La Separación de los sólidos presentes en el agua mejora significativamente la eficiencia del pretratamiento en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

El proceso de tamizado reduce los sólidos sedimentables a 50 ml por 0.8 litros, como se muestra en la gráfica N°16. En este contexto, los sólidos visuales corresponden al almidón de papa. Para la separación de este residuo, se recomienda tratamiento por sedimentación a la vez realizar una investigación, sobre métodos de separación del almidón de papa. Dado que el almidón tiene una densidad relativamente alta, tiende a precipitar naturalmente al fondo del recipiente.

Figura 16

Prueba de jarras después de pasar por las rejillas del tamiz.



Explorar diversas técnicas de sedimentación puede proporcionar soluciones más efectivas para la separación del almidón. Los residuos de cascaras de papas es retenido en el tamiz, el almidón de papa por ser más fino tiende a pasar por las rejillas del tamiz como se detalla en la **Figura 8** de curva granulométrica.

Se realiza la evaluación de impacto ambiental con la matriz de Leopold en la cual se observa una mejora notable en la gestión de residuos sólidos, con el impacto negativo reducido a - 42, la implementación de mejoras en el proceso de pelado de papa redujo significativamente en todas las áreas evaluadas. Además, la implementación de estas mejoras no solo mejoró positivamente la gestión de residuos, sino que también contribuyó a una disminución general de los impactos ambientales negativos en todas las áreas evaluadas. El impacto total acumulado, que inicialmente era de -566 como se observa en la **Tabla 5**, se redujo notablemente

a -234 como se puede verificar en la **Tabla 20**. Esta disminución refleja un uso más eficiente del tamiz y un enfoque más consciente hacia la sostenibilidad ambiental dentro de biodiversidad del agua.

Tabla 20

Evaluación impacto ambiental utilizando matriz de Leopold

| Pelado de papa en la empresa de alimentos | | Recepción | Almacenamiento | Clasificación | Pelado | Lavado | Corte | Empaque | Deposición y tratamiento de residuos sólidos | Afectaciones | | Total Afecciones | Agregado del Impacto |
|---|---|-----------|----------------|---------------|---------|---------|---------|---------|--|--------------|----|------------------|----------------------|
| | | | | | | | | | | + | - | | |
| Factores ambientales | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo | Contaminación por residuos sólidos (cáscaras de paps) | -1 3 | -1 3 | -1 1 | -1 1 | -1 1 | -1 1 | -1 1 | -1 1 | 0 | 8 | 8 | -12 |
| Agua | Consumo de agua en el proceso de lavado y pelado | -3 1 | -1 2 | -1 1 | -6 6 | -6 6 | -1 4 | -2 3 | -2 3 | 0 | 8 | 8 | -94 |
| Procesos | Generación de residuos sólidos | -1 1 | -3 3 | -1 1 | -1 6 | -2 2 | -2 2 | -1 2 | -5 3 | 0 | 8 | 8 | -42 |
| Recursos energéticos | Consumo de energía eléctrica en el proceso | -1 3 | -1 2 | -1 2 | -5 4 | -3 4 | -3 4 | -3 4 | -1 1 | 0 | 8 | 8 | -64 |
| Residuos Sólidos | Separación (filtración, sedimentación) | -1 3 | -2 3 | -3 2 | -2 3 | -2 3 | -2 3 | -1 3 | -2 3 | 0 | 8 | 8 | -42 |
| Afectaciones | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | 40 | -254 |
| | - | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 40 | | | |
| Total de afectaciones | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 40 | | | |
| Agregado del impacto | | -13 | -22 | -11 | -69 | -59 | -27 | -24 | -29 | -254 | | | |

Nota: se realiza la evaluación de matriz de Leopold considerando la implementación del tamiz

Tabla 21

Cronograma de implementación

| Proyecto | DISEÑO DE UN TAMIZADOR PARA LA SEPARCIÓN DE DESECHOS SOLIDOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| Cliente | Empresa de alientos ubicado en la ciudad d e Quito | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Responsable | Damian Lutuala | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha de inicio | 3/6/2024 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fin del priyecto | 3/7/2024 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ACTIVIDADES | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | |
| Reconocimiento del area de estudio | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diseño de área | | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diseño del tamiz rotativo | | | | █ | █ | | | | | | | | | | | | | |
| Diseño del tablero eléctrico | | | | | | █ | | | | | | | | | | | | |
| Detalle de materiales | | | | | | | █ | | | | | | | | | | | |
| Cotizacion de materiales | | | | | | | | █ | █ | | | | | | | | | |
| Selección del proveedor | | | | | | | | | | █ | | | | | | | | |
| Compras | | | | | | | | | | | █ | | | | | | | |
| Construcción del tamiz | | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | | | | |
| Construcción del tablero electrico | | | | | | | | | | | | | | | █ | | | |
| Pruebas de funcionamiento | | | | | | | | | | | | | | | | █ | | |
| Puesta en servicio | | | | | | | | | | | | | | | | | █ | |

Análisis de costos

Para realizar un análisis de costo detallado para la construcción de un tamiz rotativo, es necesario considerar todos los componentes involucrados para su fabricación que se detalla a continuación:

Tabla 22

Costo de material mecánico

| MATERIAL MECÁNICO | | | | |
|-------------------|--|----------|-------------|-------------|
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNI. | COSTO TT |
| 1 | Plancha inoxidable 200*400*2 mm | 1 | \$ 480,00 | \$ 480,00 |
| 2 | Tubo cuadrado 30*30 mm | 1 | \$ 235,00 | \$ 235,00 |
| 3 | Malla 150 mm (500*1600*2 mm) | 1 | \$ 1.250,00 | \$ 1.250,00 |
| 4 | Construcción del tambor | 1 | \$ 480,00 | \$ 480,00 |
| 5 | Construcción del caja del atamiza acode planos | 1 | \$ 960,00 | \$ 960,00 |
| | | | SUB. TT | \$ 3.405,00 |
| | | | IVA 15 | \$511 |
| | | | TOTAL | \$ 3.405,00 |

Nota: Costo del material más construcción del sistema de tamizado

Tabla 23

Costo de material eléctrico

| MATERIAL ELÉCTRICO | | | | |
|--------------------|---|----------|-------------|-------------|
| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNI. | COSTO TT |
| 1 | BREAKER 16A 3P | 1 | \$ 9,00 | \$ 9,00 |
| 2 | Logo siemens 12/24RC | 1 | \$ 160,00 | \$ 160,00 |
| 3 | Fuente delta 24- VDC | 1 | \$ 35,00 | \$ 35,00 |
| 4 | Variador de frecuencia 3HP 220VAC-3PH | 1 | \$ 480,00 | \$ 480,00 |
| 5 | Bornera paso directo 16 mm ² | 8 | \$ 2,20 | \$ 17,60 |
| 6 | Bornera de tierra 16 mm ² | 2 | \$ 2,60 | \$ 5,20 |
| 7 | Micro Relé de 8 pines + base | 2 | \$ 16,00 | \$ 32,00 |
| 8 | Rieldin | 1 m | \$ 3,00 | \$ 3,00 |
| 9 | Canaleta ranurada 30*40*30 mm | 1 m | \$ 7,60 | \$ 7,60 |
| 10 | Luz piloto verde 24 VDC | 2 | \$ 15,30 | \$ 30,60 |
| 11 | Luz piloto rojo 24 VDC | 2 | \$ 15,30 | \$ 30,60 |
| 12 | Selector de 3 contacto 2NO | 2 | \$ 12,60 | \$ 25,20 |
| 13 | Pulsador tipo Hongo 1NC | 1 | \$ 13,80 | \$ 13,80 |
| 14 | Tablero metalico 40*40*20 | 1 | \$ 65,00 | \$ 65,00 |
| 15 | Motorreductor de 3HP 3F | 1 | \$ 1.650,00 | \$ 1.650,00 |
| 16 | Diseño y construcción del tablero | 1 | \$ 860,00 | \$ 860,00 |
| | | | SUB. TT | \$ 3.424,60 |
| | | | IVA 15 | \$514 |
| | | | TOTAL | \$ 3.938,29 |

Nota: Costo del material más construcción del tablero eléctrico y pruebas

Este análisis de costo proporciona una visión clara y detallada de los gastos involucrados en la construcción del tamiz rotativo, considerando todos los aspectos desde los materiales hasta la mano de obra y los costos indirectos. El costo total de la implementación es de \$7,343.29 dólares americanos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se llevó a cabo una evaluación del proceso de pelado de papas utilizando la matriz de Leopold con el fin de determinar su impacto ambiental, considerando cinco factores claves **Tabla 5**. Los resultados revelan que el mayor problema se encuentra en la deposición y tratamiento de residuos sólidos, seguido por el proceso de lavado de las papas y, en tercer lugar, el pelado. Estos tres aspectos indican la necesidad de mitigar los residuos generados, ya que representan un problema significativo, especialmente por la presencia de sólidos en el agua, para determinar la cantidad de éstos se realiza la prueba de cono Imhoff o prueba de jarras, la cual permite determinar la cantidad de sólidos sedimentables como se observa en la **Figura 2**, observándose que los mismos se encuentran por encima de la norma **Anexo I**.

Para definir el tipo de tamizador adecuado se aplica la metodología de factores ponderados considerando las necesidades específicas del proyecto, se evaluaron tres tipos de tamizadores **Tabla 14**. Como resultado final se obtuvo que el tamiz rotativo es el adecuado para este proceso posteriormente a su selección se realizan los cálculos técnicos del mismo que incluye: dimensionamiento del tambor, la selección de malla, la velocidad de rotación y la potencia del motor. Con la finalidad de asegurar su eficiencia y confiabilidad en la separación de sólidos y una resistencia de materiales adecuada que garantice la durabilidad en el tiempo al en contacto directo con el agua.

Se realiza un diseño fiable del tamizador con el uso de herramientas de diseño asistido por computadora CAD, indicando los parámetros siguientes del tamiz rotativo seleccionado: malla y soporte inoxidable 304, caja reductora IP65, eje mecánico inoxidable, tablero eléctrico IP65. Además, la herramienta CAD permite la creación de planos mecánicos y eléctricos en 2D y 3D. Estas vistas proporcionan una visualización clara y completa de cada componente del equipo, lo que garantiza la precisión en la construcción y el montaje de cada pieza, optimizando así todo el proceso de fabricación.

RECOMENDACIONES

Una vez realizado la implementación del tamizador rotativo, se recomienda realizar una nueva evaluación del impacto ambiental utilizando la matriz de Leopold para determinar el alcance de los cambios en el impacto ambiental. Además, es aconsejable llevar un registro diario del peso de los residuos orgánicos separados por el tamiz, con el fin de monitorear su eficiencia y optimizar el proceso.

Se recomienda utilizar equipos IP65 y materiales resistentes a la corrosión, como acero inoxidable o fibra de vidrio, para el soporte del tambor, dado que estará en contacto constante con el agua, lo que ayudará a prevenir desgastes prematuros. Además, se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo para garantizar una operación eficiente y continua del tamizador, minimizando paradas imprevistas.

El tablero eléctrico debe contar con integración IoT, lo que permitirá el monitoreo remoto de cualquier componente del sistema sin necesidad de estar presente en el sitio. Esto facilitará la supervisión en tiempo real del funcionamiento y la detección de fallas, optimizando la gestión y el mantenimiento del equipo.

ANEXO

Anexo 1

Limites permisibles de ordenanza metropolitana 138

| TABLA 8. LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO | | | |
|---|--|--------|------------------------|
| Parámetros | Expresado como | Unidad | Lmite maximo permitido |
| Aceite y grasas | Sus. Solubles en hexano | mg/l | 70,0 |
| Explosivos o inflamables | Sustancias | mg/l | Cero |
| Alkil mercurio | | mg/l | No detectable |
| Aluminio | Al | | 5,0 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0,1 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,02 |
| Cianuro total | CN | mg/l | 1,0 |
| Cinc | Zn | mg/l | 10,0 |
| Cloro Activo | Cl | mg/l | 0,5 |
| Cloroformo | Extracto carbón cloroformo | mg/l | 0,1 |
| Cobalto total | Co | mg/l | 0,5 |
| Cobre | Cu | mg/l | 1,0 |
| Compuestos fenólicos | Expresado como fenol | mg/l | 0,2 |
| Compuestos organoclorados | Organoclorados totales | mg/l | 0,05 |
| Cromo Hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/l | 0,5 |
| Demanda Bioquímica de oxígeno (5 días) | DBO ₅ | mg/l | 250,0 |
| Demanda química de oxígeno | DQO | mg/l | 500,0 |
| Dicloroetileno | Dicloroetileno | mg/l | 1,0 |
| Fósforo Total | P | mg/l | 15,0 |
| Hidrocarburos totales de petróleo | TPH | mg/l | 20,0 |
| Hierro total | Fe | mg/l | 25,0 |
| Manganeso Total | Mn | mg/l | 10,0 |
| Mercurio (total) | Hg | mg/l | 0,01 |
| Níquel | Ni | mg/l | 2,0 |
| Nitrogeno total kjendahl | N | mg/l | 60,0 |
| Organofosforados | Especies totales | mg/l | 0,1 |
| Plata | Ag | mg/l | 0,5 |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,5 |
| Potencial de hidrógeno | Ph | mg/l | 6 - 9 |
| Selenio | Se | mg/l | 0,5 |
| Sólidos Sedimentables | SD | mg/l | 20,0 |
| Sólidos suspendidos totales | SST | mg/l | 220,0 |
| Sólidos totales | ST | mg/l | 1600,0 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁻² | mg/l | 400,0 |
| Sulfuros | S | mg/l | 1,0 |
| Temperatura | °C | | <40 |
| Tensoactivos | Sustancias Activas al azul de metileno | mg/l | 2,0 |
| Tetracloruro de carbono | Tetracloruro de carbono | mg/l | 1,0 |
| Tricloroetileno | Tricloroetileno | mg/l | 1,0 |

Anexo 2

Límites de descarga del libro VI del texto unificado del ministerio de ambiente

| ANEXO 1 | | | | |
|---|-------------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------------|
| TABLA N0.A 1. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES POR CUERPO RECEPTOR | | | | |
| PARÁMETROS | EXPRESADO COMO | UNIDAD | LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE | |
| | | | Alcantarillado | Cause de agua |
| Aceites y grasas | A Y G | mg/l | 70 | 30 |
| Explosivas e inflamables | Sustancias | mg/l | Cero | |
| Alquil Mercurio | | mg/l | No detectable | No detectable |
| Aluminio | Al | mg/l | 5,0 | 5,0 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0,1 | 0,1 |
| Bario | Ba | mg/l | | 2,0 |
| Boro | B | mg/l | | 2,0 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,02 | 0,02 |
| Cianuro Total | CN ⁻ | mg/l | 1,0 | 0,1 |
| Cloro Activo | Cl | mg/l | 0,5 | 0,5 |
| Cloroforno | Ext. Carbón cloroformo ECC | mg/l | 0,1 | 0,1 |
| Cloruros | Cl ⁻ | mg/l | | 1000 |
| Cobre | Cu | mg/l | 1,0 | 1,0 |
| Cobalto Total | Co | mg/l | 0,5 | 0,5 |
| Coliformes Fecales | NMP | NMP/100ml | | Remoción>al 99,9% |
| Color real | Color real | Unidades Pt-Co | | *Inapreciable en dilución:1/20 |
| Compuestos fenólicos | Expresado como fenol | mg/l | 0,2 | 0,2 |
| Cromo Hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/l | 0,5 | 0,5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO ₅ | mg/l | 170 | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | DQO | mg/l | 350 | 160 |
| Dicloroetileno | Expresada como Dicloroetileno | mg/l | 1,0 | |
| Estaño | Sn | mg/l | | 5,0 |
| Fluoruros | F | mg/l | | 5,0 |
| Fósforo Total | P | mg/l | 15 | 10 |
| Hierro | Fe | mg/l | 25 | 10 |
| Hidrocarburos Totales | TPH | mg/l | 20 | 10 |
| Materia flotante | Visible | - | Ausencia | Ausencia |
| Manganeso | Mn | mg/l | 10,0 | 2,0 |

| ANEXO 1 | | | | |
|--|---|--------|--------------------------|------------------------|
| TABLA N0.A1. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES POR CUERPO RECEPTOR | | | | |
| PARÁMETROS | EXPRESADO COMO | UNIDAD | LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE | |
| | | | Alcantarillado | Cause de agua |
| Mercurio (total) | Hg | mg/l | 0,01 | 0,005 |
| Níquel | Ni | mg/l | 2,0 | 2,0 |
| Nitrógeno amoniacal | N | mg/l | | 30 |
| Nitrógeno Total | N | mg/l | 60,0 | 50,0 |
| Compuestos Organoclorados | Organoclorados Totales | mg/l | 0,05 | 0,05 |
| Organofosforados | Especies Totales | mg/l | 0,1 | 0,1 |
| Plata | Ag | mg/l | 0,5 | 0,1 |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,5 | 0,2 |
| Potencial de hidrógeno*** | Ph | --- | 6-9 | 6-9 |
| Selenio | Se | mg/l | 0,5 | 0,1 |
| Sulfuros | S | mg/l | 1,0 | 0,5 |
| Sólidos Suspendidos | SS | mg/l | 100 | 80 |
| Sólidos Suspendidos Totales | SST | mg/l | 120 | 100 |
| Sólidos Totales | ST | mg/l | 1200 | 1200 |
| Sólidos Sedimentales | SSE | mg/l | 20,0 | |
| Sulfatos | SO^{2-} | mg/l | 400 | 1000 |
| Temperatura | - | °C | <40 | Condición natural +/-3 |
| Tensoactivos | Substancias activas al azul de metileno | mg/l | 1 | 0,5 |
| Turbidez | - | NTU | | ** |
| Zinc | Zn | mg/l | 2,0 | 2,0 |
| Tetracloruro de carbono | Tetracloruro de carbon | mg/l | 1,0 | 1,0 |
| Tricloroetileno | Tricloroetileno | mg/l | 1,0 | |

Anexo 3

Escala de tamiz estándar Tyler

APÉNDICE 5

Escala de tamices estándar Tyler

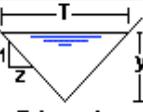
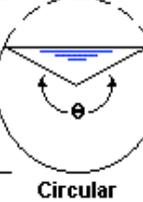
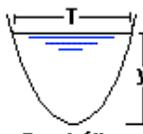
Esta escala de tamices está basada en una abertura de 0.0029 in., que es la abertura del tamiz estándar de 200 mallas y 0.0021 in. de diámetro de alambre, tal como ha sido adoptada por el National Bureau of Standard.

| Mallas | Abertura efectiva, in. | Abertura efectiva, mm | Abertura aproximada, in. | Diámetro del alambre, in. |
|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|
| | 1.050 | 26.67 | 1 | 0.148 |
| † | 0.883 | 22.43 | $\frac{7}{8}$ | 0.135 |
| | 0.742 | 18.85 | $\frac{3}{4}$ | 0.135 |
| † | 0.624 | 15.85 | $\frac{5}{8}$ | 0.120 |
| | 0.525 | 13.33 | $\frac{1}{2}$ | 0.105 |
| † | 0.441 | 11.20 | $\frac{7}{16}$ | 0.105 |
| | 0.371 | 9.423 | $\frac{3}{8}$ | 0.092 |
| $2\frac{1}{2}$ † | 0.312 | 7.925 | $\frac{1}{4}$ | 0.088 |
| 3 | 0.263 | 6.680 | $\frac{3}{16}$ | 0.070 |
| $3\frac{1}{2}$ † | 0.221 | 5.613 | $\frac{1}{4}$ | 0.065 |
| 4 | 0.185 | 4.699 | $\frac{3}{16}$ | 0.065 |
| 5† | 0.156 | 3.962 | $\frac{1}{4}$ | 0.044 |
| 6 | 0.131 | 3.327 | $\frac{3}{16}$ | 0.036 |
| 7† | 0.110 | 2.794 | $\frac{1}{8}$ | 0.0328 |
| 8 | 0.093 | 2.362 | $\frac{3}{32}$ | 0.032 |
| 9† | 0.078 | 1.981 | $\frac{1}{8}$ | 0.033 |
| 10 | 0.065 | 1.651 | $\frac{3}{64}$ | 0.035 |
| 12† | 0.055 | 1.397 | $\frac{1}{16}$ | 0.028 |
| 14 | 0.046 | 1.168 | $\frac{3}{64}$ | 0.025 |
| 16† | 0.0390 | 0.991 | | 0.0235 |
| 20 | 0.0328 | 0.833 | $\frac{1}{32}$ | 0.0172 |
| 24† | 0.0276 | 0.701 | | 0.0141 |
| 28 | 0.0232 | 0.589 | | 0.0125 |
| 32† | 0.0195 | 0.495 | | 0.0118 |
| 35 | 0.0164 | 0.417 | $\frac{1}{64}$ (Ninguna) | 0.0122 |
| 42† | 0.0138 | 0.351 | | 0.0100 |
| 48 | 0.0116 | 0.295 | | 0.0092 |
| 60† | 0.0097 | 0.246 | | 0.0070 |
| 65 | 0.0082 | 0.208 | | 0.0072 |
| 80† | 0.0069 | 0.175 | | 0.0056 |
| 100 | 0.0058 | 0.147 | | 0.0042 |
| 115† | 0.0049 | 0.124 | | 0.0038 |
| 150 | 0.0041 | 0.104 | | 0.0026 |
| 170† | 0.0035 | 0.088 | | 0.0024 |
| 200 | 0.0029 | 0.074 | | 0.0021 |
| 270 | 0.0021 | 0.053 | | |
| 325 | 0.0017 | 0.044 | | |

†Estos tamices se incluyen cuando se desea un intervalo de tamizado más estrecho, completando la serie estándar utilizada habitualmente. Con esta inclusión, la relación de los diámetros de las aberturas entre dos tamices sucesivos es de $1:\sqrt[3]{2}$ en vez de $1:\sqrt{2}$.

Anexo 4

Geometría de secciones de canal abierto

| Tipo de sección | Área A (m ²) | Perímetro mojado P (m) | Radio hidráulico Rh (m) | Espejo de agua T (m) |
|---|--|------------------------|--|--|
|  Rectangular | by | $b+2y$ | $\frac{by}{b+2y}$ | b |
|  Trapezoidal | $(b+zy)y$ | $b+2y\sqrt{1+z^2}$ | $\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$ | $b + 2zy$ |
|  Triangular | zy^2 | $2y\sqrt{1+z^2}$ | $\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$ | $2zy$ |
|  Circular | $\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$ | $\frac{\theta D}{2}$ | $(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$ | $\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2})D}{2}$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$ |
|  Parabólica | $\frac{2}{3} Ty$ | $T + \frac{8y^2}{3T}$ | $\frac{2T^2y}{3T^2+8y^2}$ | $\frac{3A}{2y}$ |

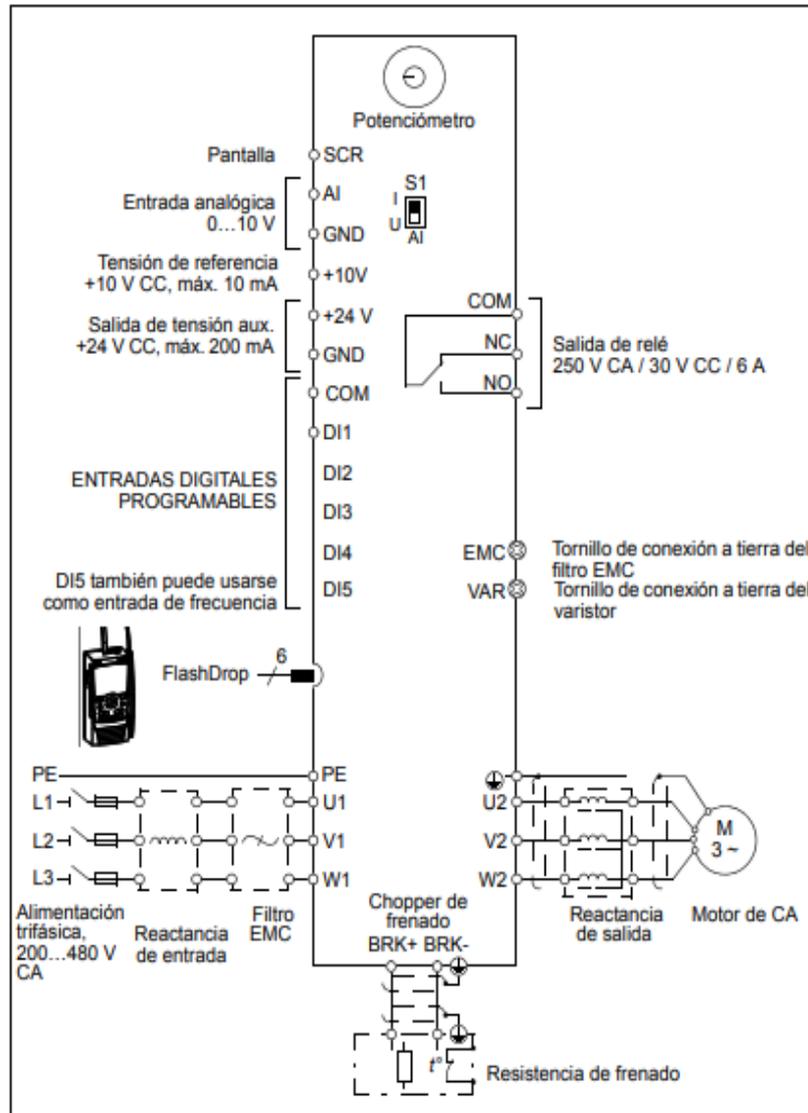
Anexo 5

Características de caja reductora catalogo web

| P _N = 2,20 kW | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|----------|-----|----------------------|-----|----------|-----|--------------------------------|-------|----------|---|----------------------|--------|---------|------------|---|
| 60Hz n ₂ rpm | | | | n ₁ =1750 | | | | 50 Hz n ₂ rpm | | | | n ₁ =1450 | | | | |
| M ₂ Nm | fs | Fr kN | | M ₂ Nm | fs | Fr kN | | M ₂ Nm | fs | Fr kN | | i _{ex} | Tamaño | Estapas | Peso kg |  |
| 565,45 | 37 | 1,77 | 1,5 | 468,52 | 45 | 1,47 | 1,4 | 309 | 3,09 | C01 | 2 | 24,2 | 88 | | | |
| 414,87 | 51 | 1,30 | 1,5 | 343,75 | 61 | 1,08 | 1,4 | 4,22 | 4,22 | C01 | 2 | 24,2 | | | | |
| 312,37 | 67 | 0,98 | ** | 258,82 | 81 | 0,81 | ** | 5,60 | 5,60 | C01 | 2 | 24,2 | | | | |
| 237,65 | 88 | 0,96 | ** | 196,91 | 107 | 0,80 | ** | 7,36 | 7,36 | C01 | 2 | 24,2 | | | | |
| 212,96 | 99 | 0,86 | ** | 176,46 | 119 | 0,71 | ** | 8,22 | 8,22 | C01 | 2 | 24,2 | | | | |
| 523,94 | 40 | 3,24 | 2,6 | 434,12 | 48 | 2,69 | 2,5 | 3,34 | 3,34 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 408,96 | 51 | 2,53 | 2,6 | 338,85 | 62 | 2,10 | 2,7 | 4,28 | 4,28 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 323,22 | 65 | 3,08 | 2,8 | 267,81 | 78 | 2,55 | 2,9 | 5,41 | 5,41 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 293,55 | 72 | 2,79 | 2,8 | 243,23 | 86 | 2,32 | 3,0 | 5,96 | 5,96 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 252,29 | 83 | 2,40 | 2,9 | 209,04 | 101 | 1,99 | 3,0 | 6,94 | 6,94 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 229,13 | 92 | 2,18 | 3,0 | 189,85 | 111 | 1,81 | 3,1 | 7,64 | 7,64 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 196,29 | 107 | 1,87 | 3,1 | 162,64 | 129 | 1,55 | 3,2 | 8,92 | 8,92 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 178,27 | 118 | 1,70 | 3,2 | 147,71 | 142 | 1,41 | 3,3 | 9,82 | 9,82 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 149,18 | 141 | 1,42 | 3,3 | 123,61 | 170 | 1,18 | 3,3 | 11,73 | 11,73 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 135,48 | 155 | 1,29 | 3,3 | 112,26 | 187 | 1,07 | 3,4 | 12,92 | 12,92 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 112,75 | 186 | 1,07 | 3,0 | 93,42 | 225 | 0,89 | ** | 15,52 | 15,52 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 102,40 | 205 | 0,97 | ** | 84,85 | 248 | 0,81 | ** | 17,09 | 17,09 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 90,02 | 233 | 0,86 | ** | 74,59 | 282 | 0,71 | ** | 19,44 | 19,44 | C03 | 2 | 25,8 | | | | |
| 206,82 | 102 | 3,94 | 5,9 | 171,36 | 123 | 3,26 | 5,6 | 8,46 | 8,46 | C05 | 2 | 30,3 | 90 | | | |
| 188,02 | 112 | 3,58 | 5,9 | 155,79 | 135 | 2,97 | 5,8 | 9,31 | 9,31 | C05 | 2 | 30,3 | | | | |

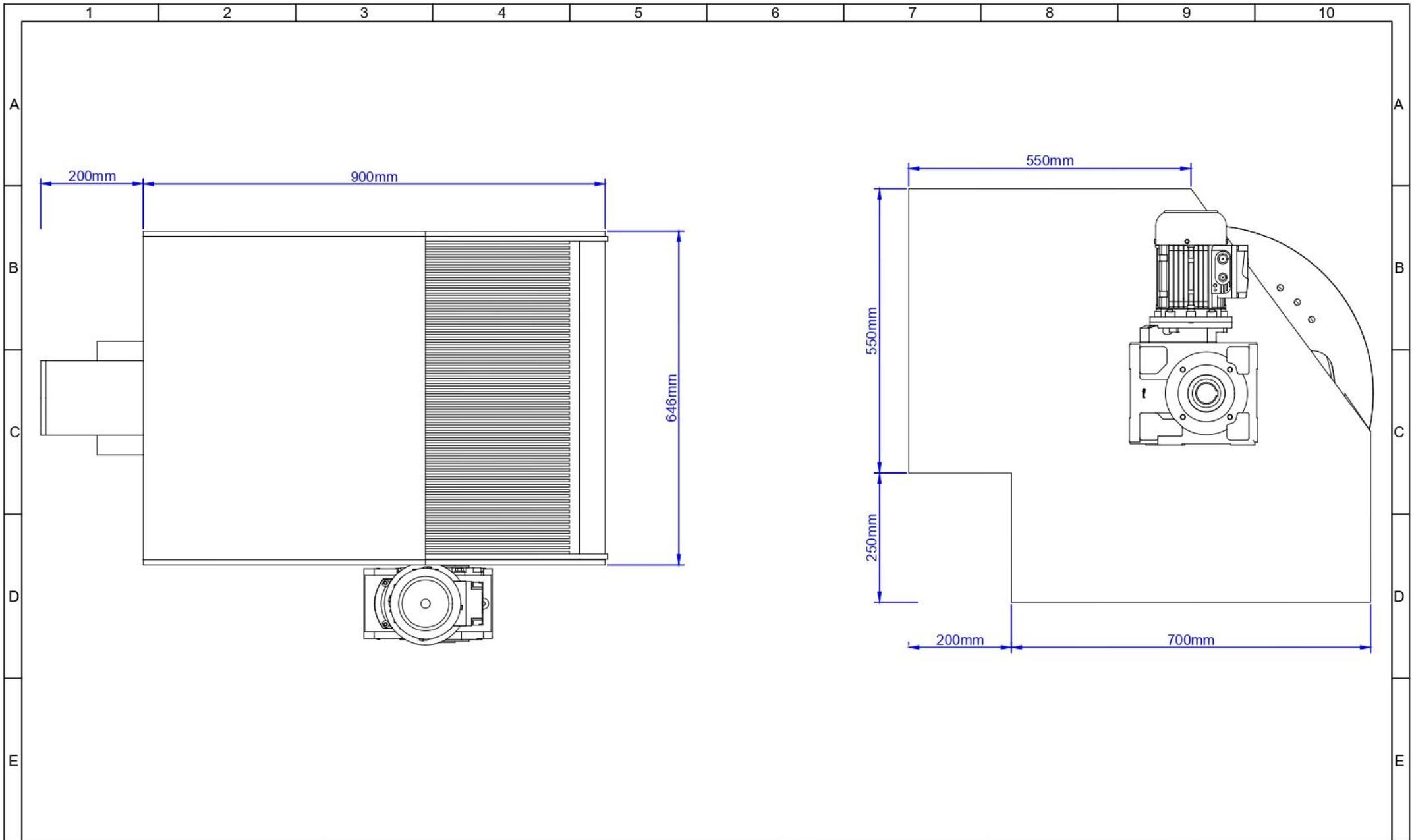
Anexo 6

Conexión de entradas y salidas de control y fuerza

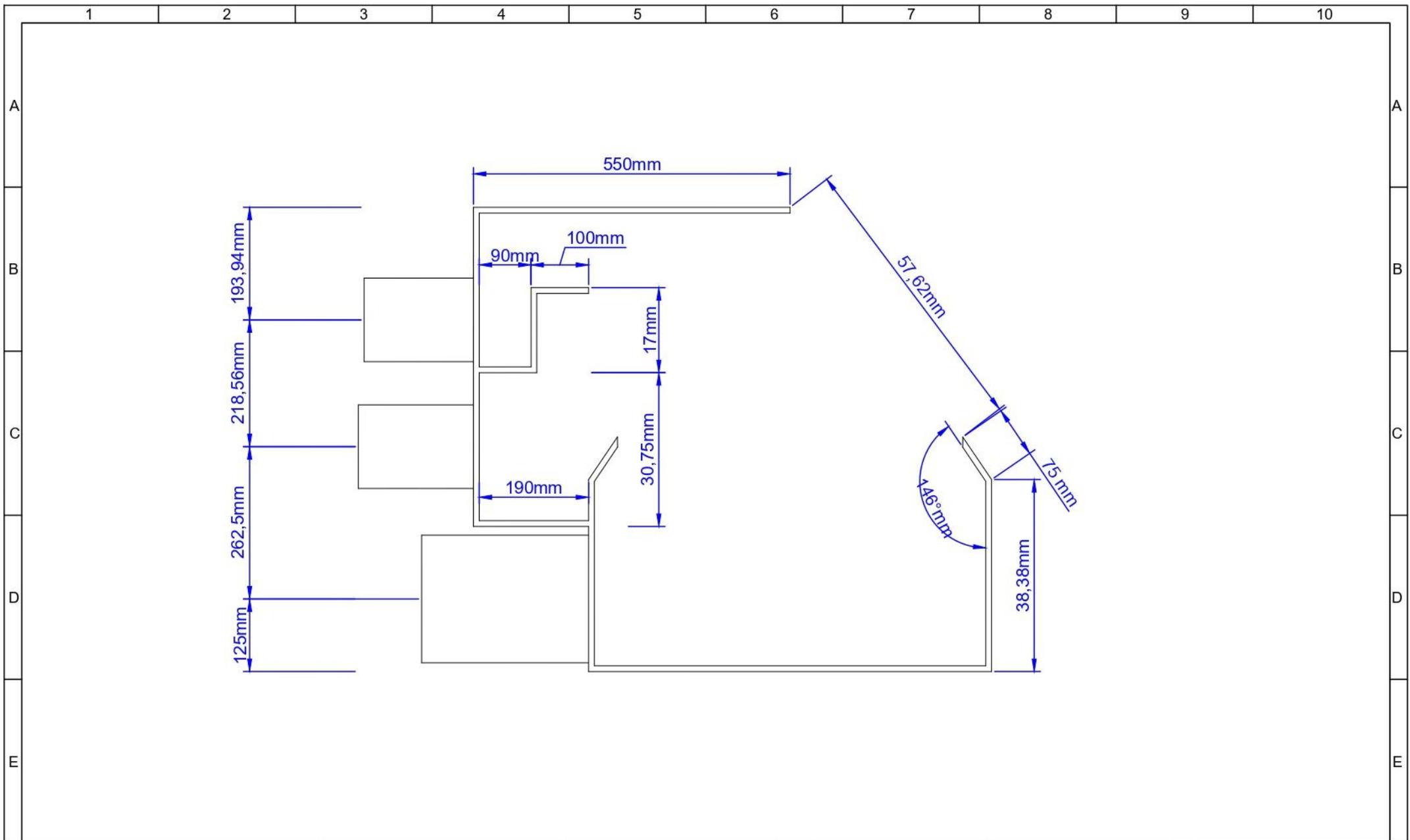


Anexo 7*Amperaje - Cable de cobre*

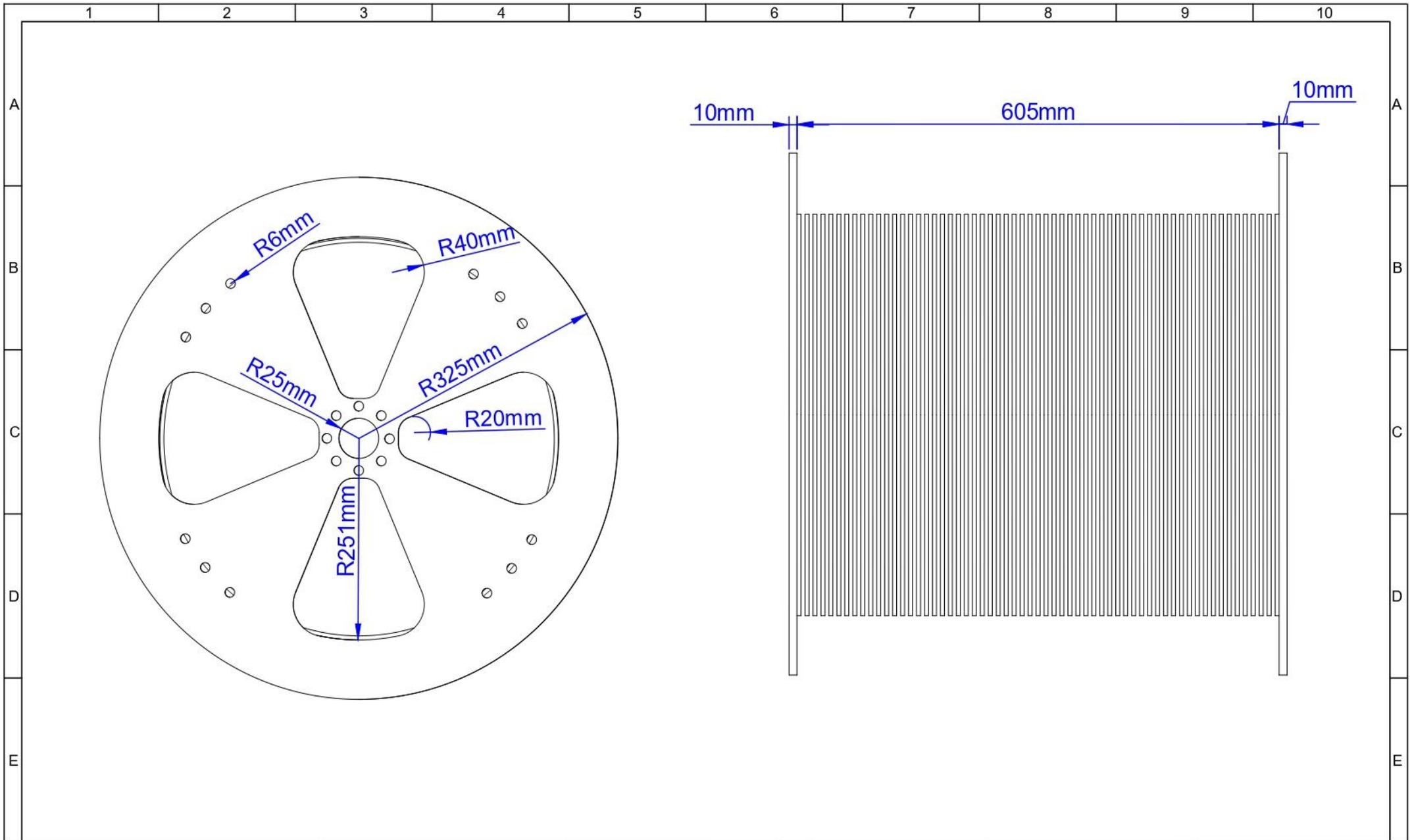
| AMPERAJE - CABLE DE COBRE | | | |
|---------------------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| Tipo de aislante | TW | RHW,THW, THWN | THHN,XHHW-2 THWN-2 |
| Nivel de temperatura | 60°C | 75°C | 90°C |
| Calibre de cable | Amperaje soportado | | |
| 14 AWG | 15 A | 15 A | 15 A |
| 12 AWG | 20 A | 20 A | 20 A |
| 10 AWG | 30 A | 30 A | 30 A |
| 8 AWG | 40 A | 50 A | 55 A |
| 6 AWG | 55 A | 65 A | 75 A |
| 4 AWG | 70 A | 85 A | 95 A |
| 3 AWG | 85 A | 100 A | 115 A |
| 2 AWG | 95 A | 115 A | 130 A |
| 1 AWG | 110 A | 130 A | 145 A |
| 1/0 AWG | 125 A | 150 A | 170 A |
| 2/0 AWG | 145 A | 175 A | 195 A |
| 3/0 AWG | 165 A | 200 A | 225 A |
| 4/0 AWG | 195 A | 230 A | 260 A |



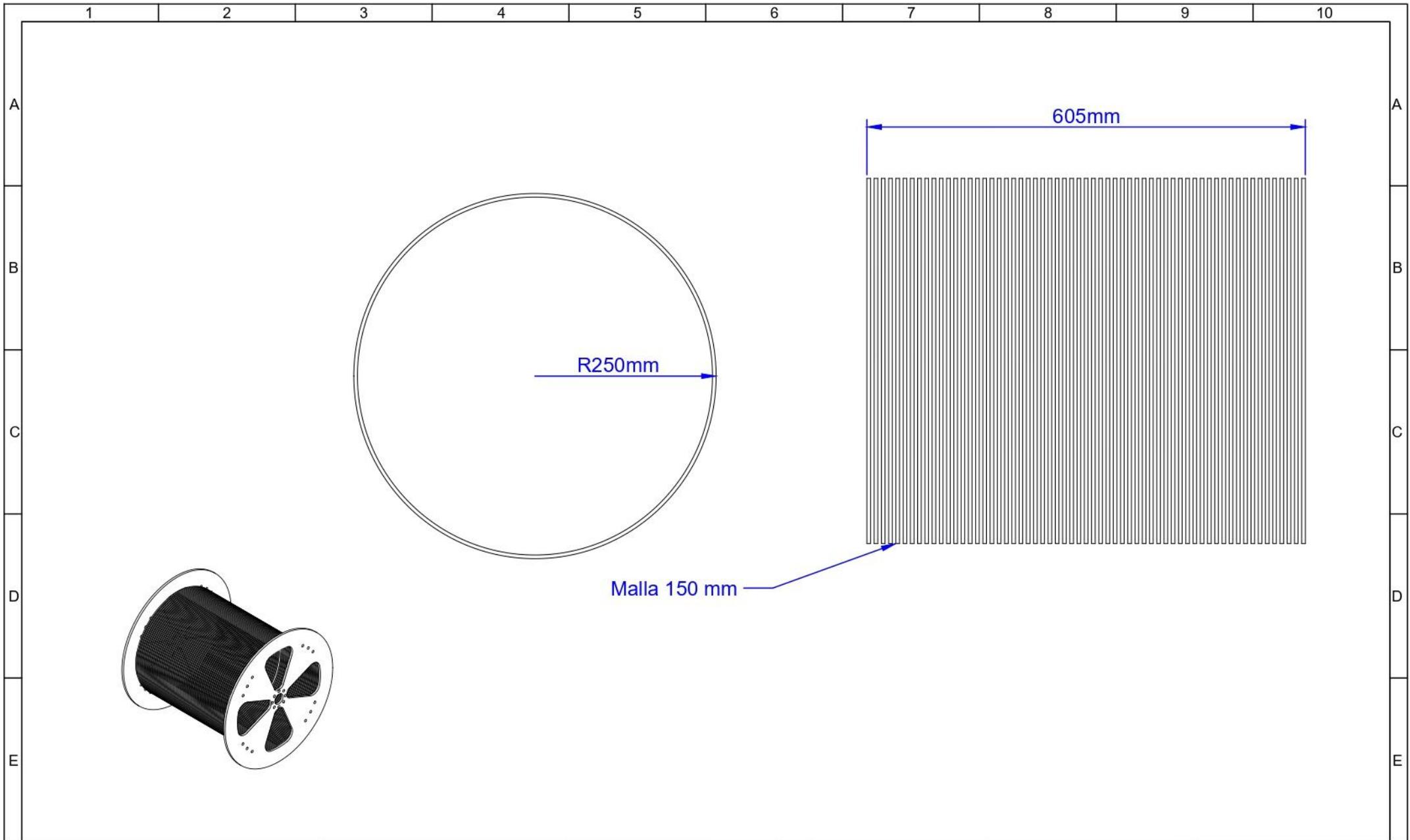
| | | | | | | |
|--|---|---|--|--------------------------------|--|-----------------------------|
|  | TÍTULO (title): VISTA ISOMETRICA 2D | DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE (costumer): | <input type="checkbox"/> PARA EMISIÓN PRELIMINAR <input checked="" type="checkbox"/> PARA REVISIÓN POR DE SÍG <input checked="" type="checkbox"/> PARA DISEÑO POR DE SÍG <input type="checkbox"/> REVISADO REVISEO | <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCIÓN FOR CONSTRUCTION <input type="checkbox"/> PARA APROBACIÓN POR APROVAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACIÓN FOR INFORMATION <input checked="" type="checkbox"/> ASSEMBLY | LÁMINA (sheet): HOJA | | REVISÓ (checked): |
| NOTAS (notes): | | | | | ESCALA (scale): | TAMAÑO (sheet size): |



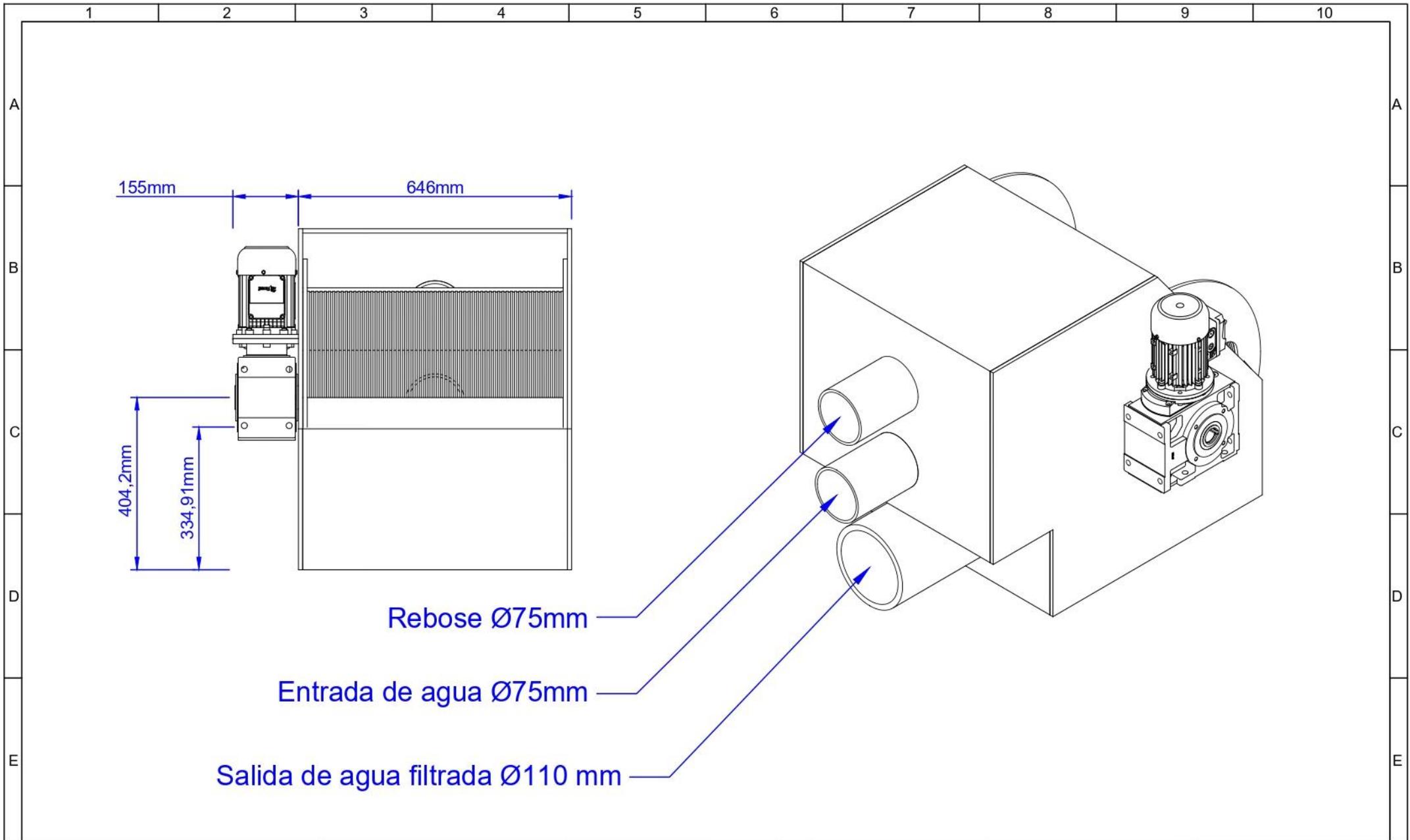
| | | | | | | |
|--|---|--|--|------------------------------------|--|--|
|  | TÍTULO (title): VISTA ISOMETRICA 2D | DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE (customer): | <input type="checkbox"/> PRELIMINAR PRELIMINARY <input type="checkbox"/> PARA REVISIÓN FOR DESIGN <input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN <input type="checkbox"/> REVISADO REVISED | <input type="checkbox"/> PARA CONSULTA FOR CONSULTATION <input type="checkbox"/> PARA APROBACIÓN FOR APPROVAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACIÓN FOR INFORMATION <input type="checkbox"/> ASERIAL | LÁMINA (sheet): HOJA | REVISÓ (checked): ESCALA (scale): | ARCHIVO (file): ARCHIVO TAMAÑO (sheet size): |
| NOTAS: (notes): | | | | | | |



| | | | | | | |
|--|---|--|---|------------------------------------|--|--|
|  | TÍTULO (title): VISTA ISOMETRICA 2D | DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE (customer): | <input type="checkbox"/> PRELIMINAR FOR PRELIMINARY <input checked="" type="checkbox"/> PARA REVISIÓN FOR DESIGN <input checked="" type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN <input type="checkbox"/> REVISADO REVISED | <input type="checkbox"/> PARA CONSULTA FOR CONSULTATION <input type="checkbox"/> PARA APROBACIÓN FOR APPROVAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACIÓN FOR INFORMATION <input checked="" type="checkbox"/> RESULT | LÁMINA (sheet): HOJA | REVISÓ (checked): ESCALA (scale): | ARCHIVO (file): ARCHIVO TAMAÑO (sheet size): |
| NOTAS (notes): | | | | | | |



| | | | | | | |
|--|---|--|--|--------------------------------|--|-----------------------------|
|  | TÍTULO (title): VISTA ISOMETRICA 2D | DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE (costumer): | <input type="checkbox"/> PRELIMINAR FOR PRELIMINARY <input checked="" type="checkbox"/> PARA REVISIÓN FOR DESIGN <input checked="" type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN <input type="checkbox"/> REVISADO REVISED | <input type="checkbox"/> PARA CONSULTA FOR CONSULTATION <input type="checkbox"/> PARA APROBACIÓN FOR APPROVAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACIÓN FOR INFORMATION <input checked="" type="checkbox"/> ASERIAL | LÁMINA (sheet): HOJA | | REVISÓ (checked): |
| NOTAS: (notes): | | | | | ESCALA (scale): | TAMAÑO (sheet size): |



Rebose Ø75mm

Entrada de agua Ø75mm

Salida de agua filtrada Ø110 mm



NOTAS:
(notes):

TÍTULO (title):
VISTA ISOMETRICA 2D

CLIENTE (customer):

DIBUJO EMITIDO
DRAWING ISSUED

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> PARA ELABORAR FOR ELABORATION | <input type="checkbox"/> PARA CORRECCIONES FOR CORRECTION |
| <input type="checkbox"/> PARA REVISIÓN FOR REVISION | <input type="checkbox"/> PARA APROBACIÓN FOR APPROVAL |
| <input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN | <input type="checkbox"/> PARA INFORMACIÓN FOR INFORMATION |
| <input type="checkbox"/> REVISADO REVISIT | <input type="checkbox"/> RESULT |

REV. FECHA (date): 14/07/2024

LÁMINA (sheet):

HOJA

DIBUJANTE (technical drawer):
Lutuala D.

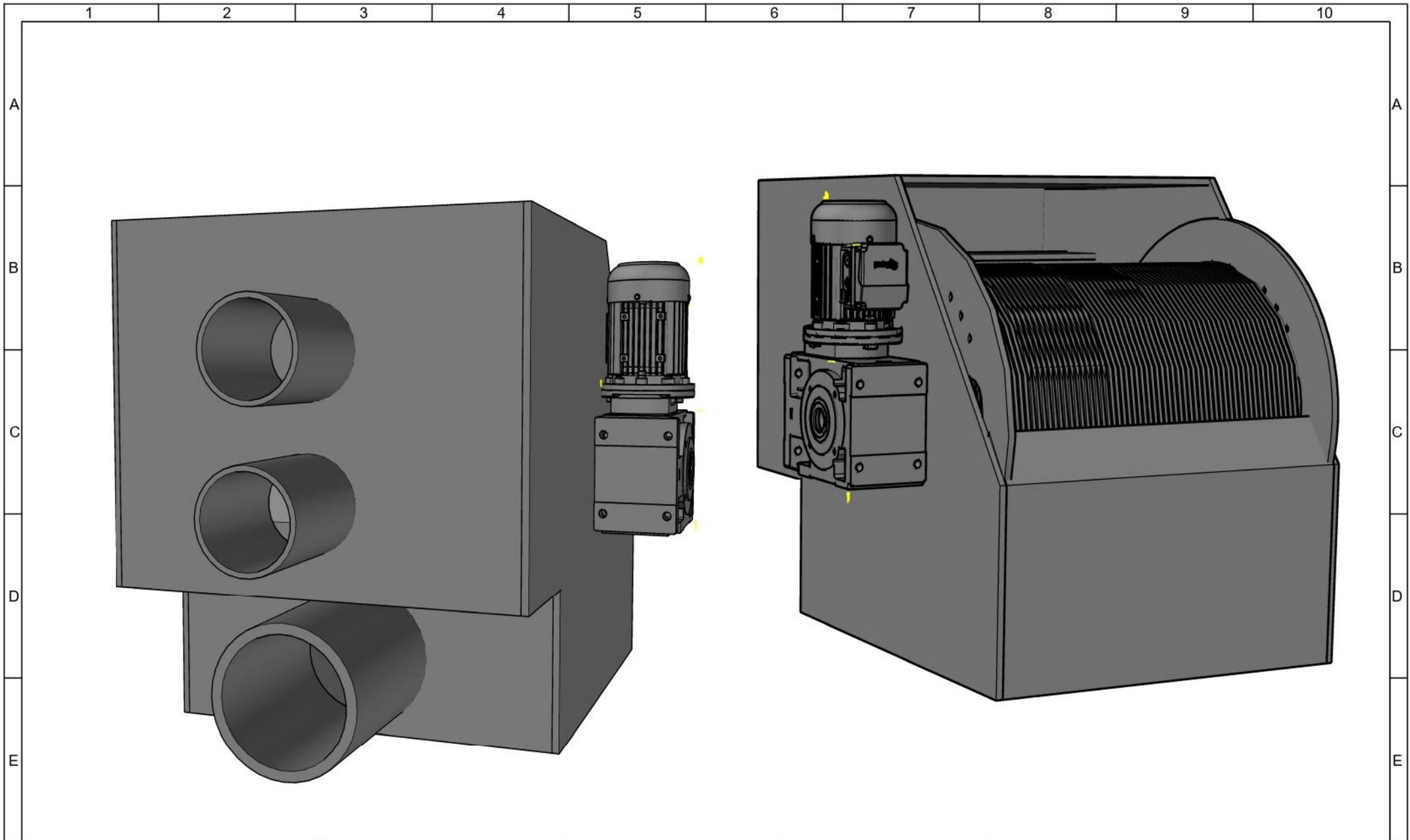
REVISÓ (checked):

ESCALA (scale):

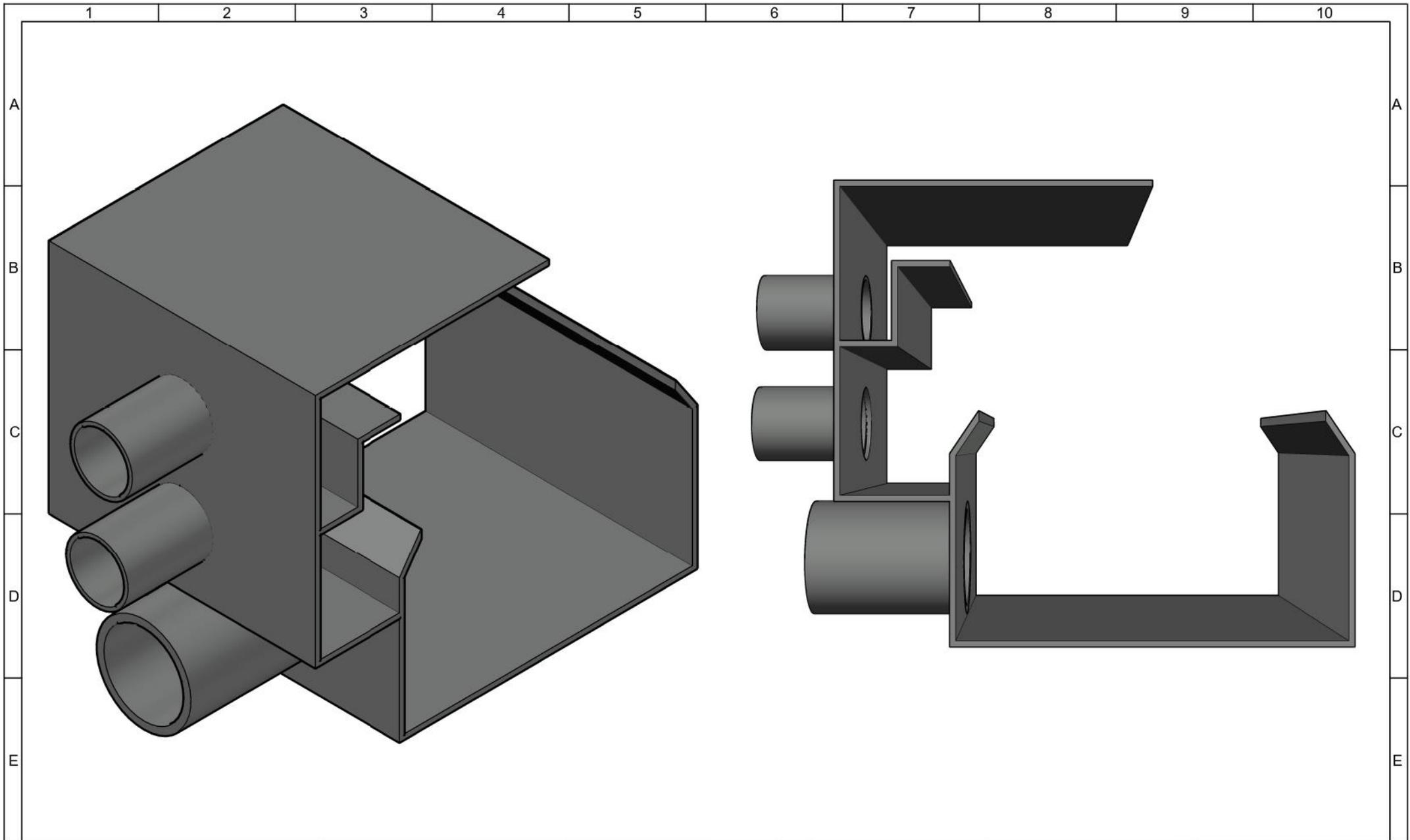
APROBADO (approved):

ARCHIVO (file):
ARCHIVO

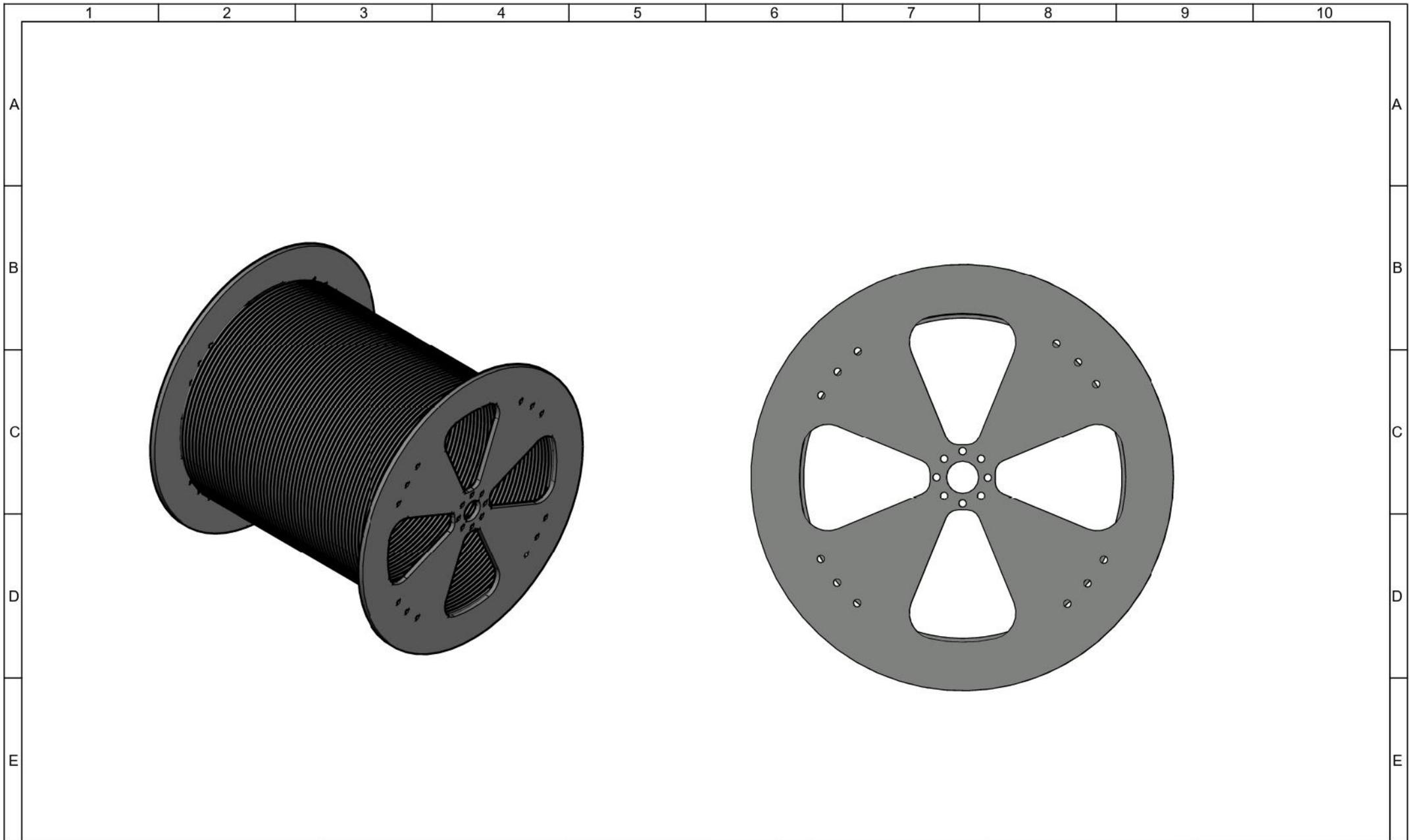
TAMAÑO (sheet size):



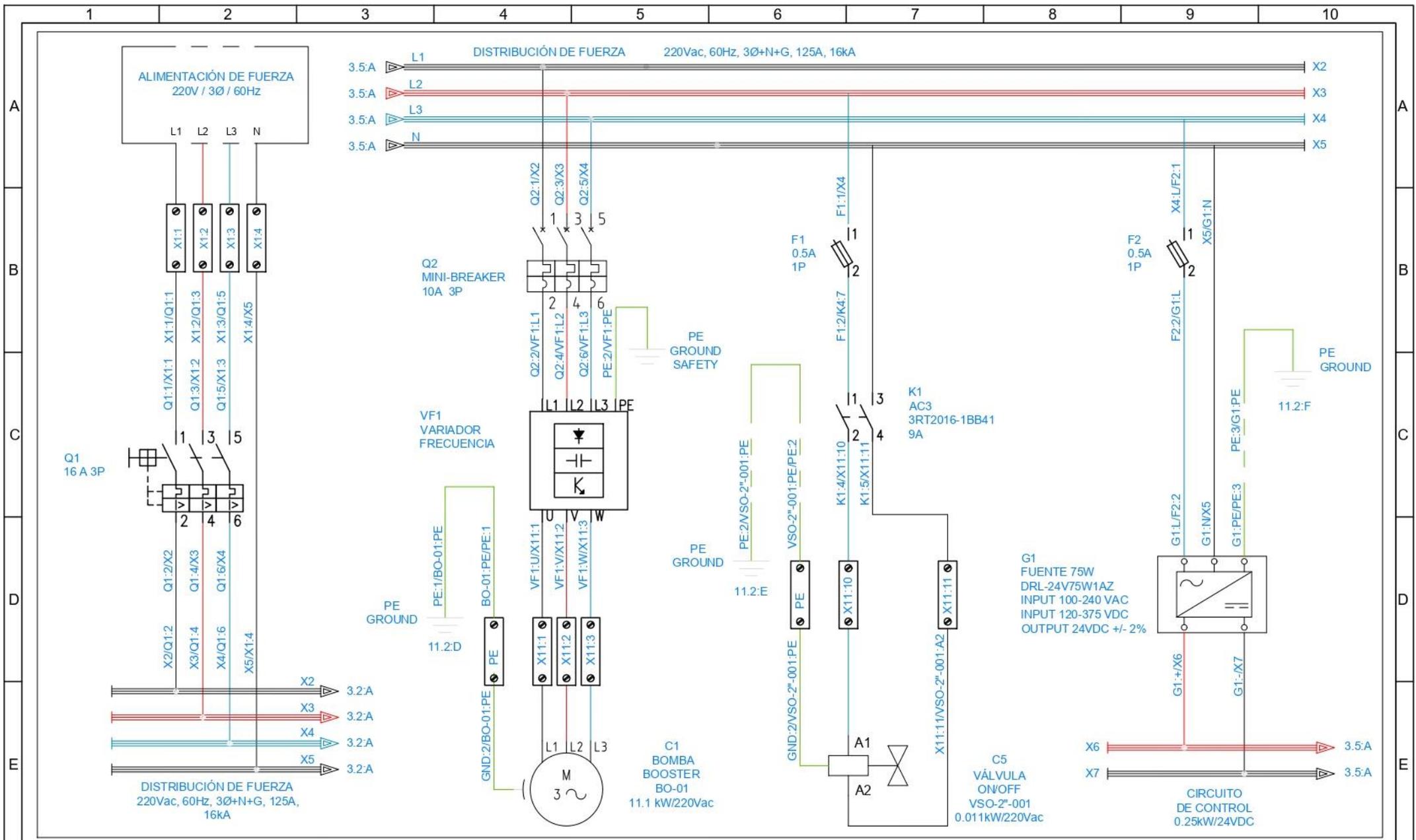
| | | | | | | |
|--|----------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|---|----------------------------|
|  | TÍTULO: TAMBOR | DIBUJO EMITIDO DRAWINGS ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 FECHA | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE | <input type="checkbox"/> PRELIMINAR FOR DRAFTING <input type="checkbox"/> PARA REVISIÓN FOR DESIGN <input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN <input type="checkbox"/> REVISADO REVISED <input type="checkbox"/> PARA CORRECCIONES FOR CORRECTION <input type="checkbox"/> PARA APROBACIÓN FOR APPROVAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACIÓN FOR INFORMATION <input type="checkbox"/> ASSEMBLY | | | | |
| NOTAS: (notes): | | | LÁMINA (sheet): HOJA | | REVISÓ (checked): | ARCHIVO (file): ARCHIVO |
| | | | | | ESCALA (scale): | TAMAÑO (sheet size): |



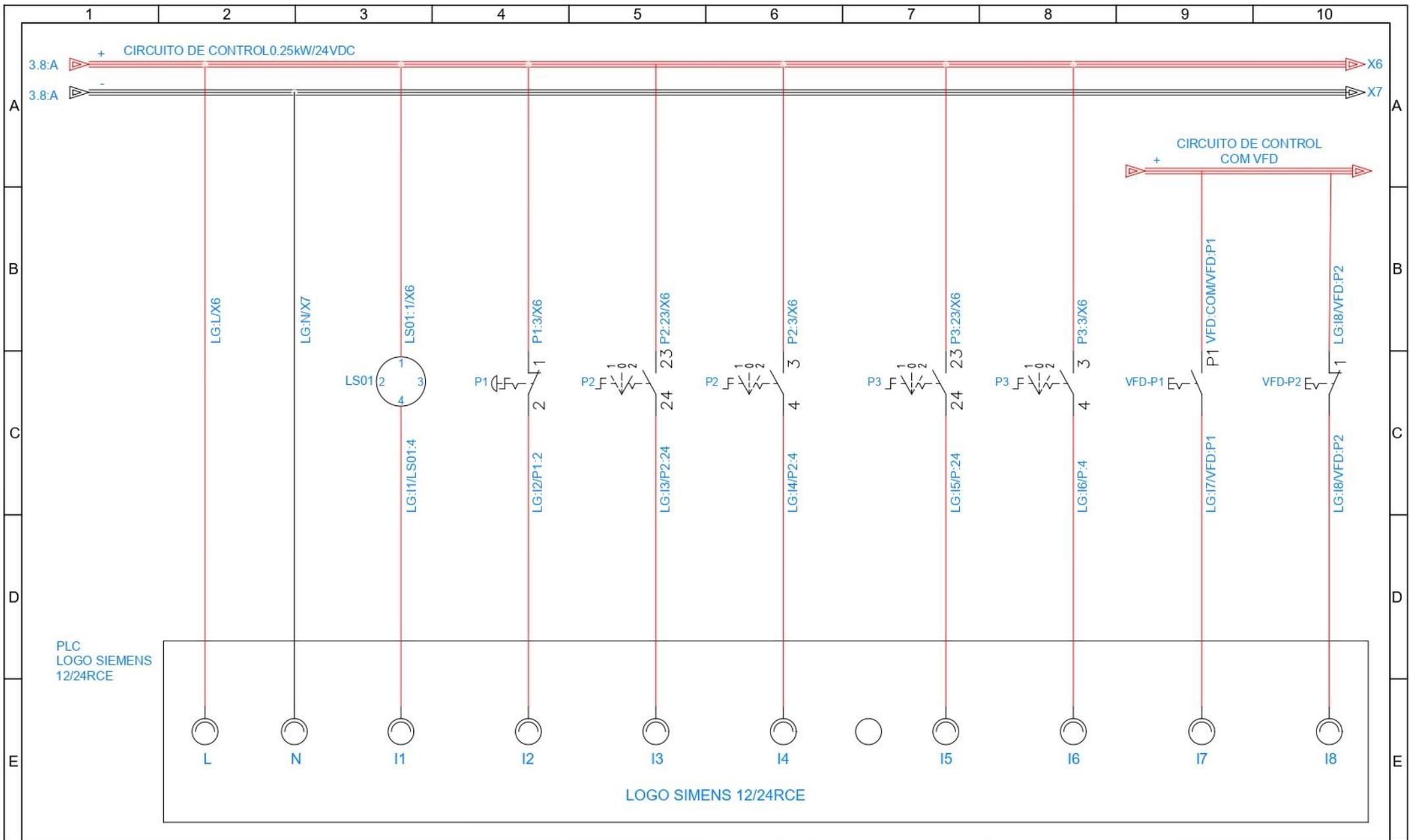
| | | | | | | |
|--|----------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|---|----------------------------|
|  | TÍTULO: TAMBOR | DIBUJO EMITIDO DRAWINGS ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 FECHA | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE | <input type="checkbox"/> PRELIMINAR FOR DRAFTING <input type="checkbox"/> PARA REVISIÓN FOR DESIGN <input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN <input type="checkbox"/> REVISADO REVISED <input type="checkbox"/> PARA CONSULTA FOR CONSULTATION <input type="checkbox"/> PARA APROBACIÓN FOR APPROVAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACIÓN FOR INFORMATION <input type="checkbox"/> ASSEMBLY | | | | |
| NOTAS: (notes): | | | LÁMINA (sheet): HOJA | | REVISÓ (checked): | ARCHIVO (file): ARCHIVO |
| | | | | | ESCALA (scale): | TAMAÑO (sheet size): |



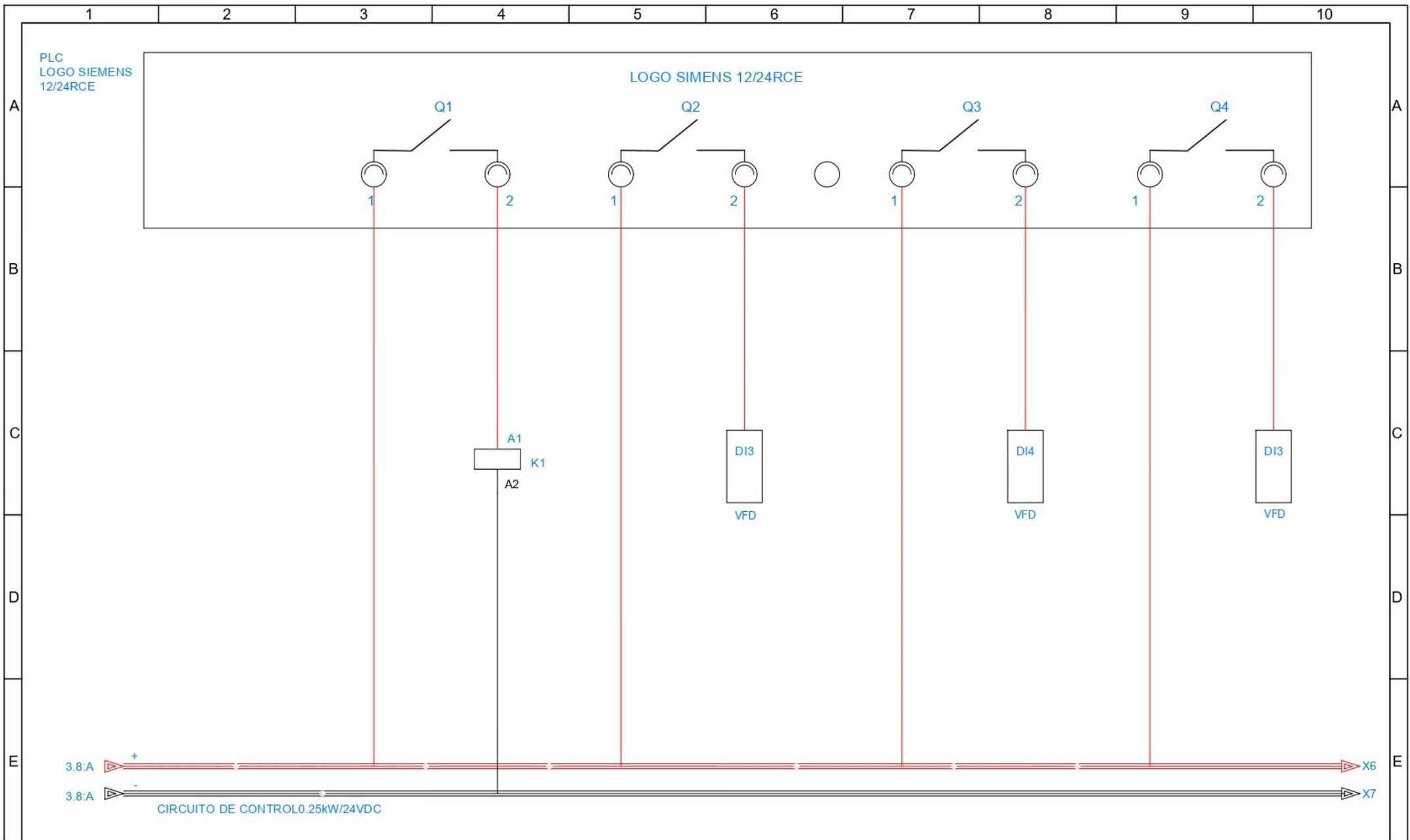
| | | | | | | |
|---|----------------|--|---|-----------------------------------|---|----------------------------|
|  Universidad Indoamérica | TÍTULO: TAMBOR | DIBUJO EMITIDO DRAWINGS ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 FECHA | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE | <input type="checkbox"/> PRELIMINAR FOR PRELIMINARY <input checked="" type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR DESIGN <input checked="" type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN <input type="checkbox"/> REVISADO REVISED | <input type="checkbox"/> PARA CONSULTACION FOR CONSULTATION <input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR APPROVAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION <input checked="" type="checkbox"/> RESULT | LÁMINA (sheet): | REVISÓ (checked): | ARCHIVO (file): ARCHIVO |
| NOTAS: (notes): | | | | HOJA | ESCALA (scale): | TAMAÑO (sheet size): |



| | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|--|-----------------------------------|
| | TÍTULO (title): VISTA ISOMETRICA 2D | DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE (customer): | <input type="checkbox"/> PRELIMINAR FOR ENERGY <input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR DE SAG <input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DE SAG <input type="checkbox"/> REVISADO REV-SAG | <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION <input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR SPECIAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION <input type="checkbox"/> ASSEMBLY | LÁMINA (sheet): <h1 style="text-align: center;">HOJA</h1> | REVISÓ (checked): | ARCHIVO (file): ARCHIVO |
| NOTAS (notes): | | | | | ESCALA (scale): | TAMAÑO (sheet size): |



| | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|--|--|
| | TÍTULO (title): VISTA ISOMETRICA 2D | DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE (customer): | <input type="checkbox"/> PRELIMINAR FOR ENERGY <input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR DESIGN <input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DESIGN <input type="checkbox"/> REVISADO REVISED | <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION <input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR SPECIAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION <input type="checkbox"/> ASSEMBLY | LÁMINA (sheet): <h1 style="text-align: center;">HOJA</h1> | | REVISÓ (checked): ESCALA (scale): |
| NOTAS (notes): | | | | | | |



| | | | | | | |
|--|---|--|---|--------------------------------|--|---|
|  | TÍTULO (title): VISTA ISOMETRICA 2D | DIBUJO EMITIDO DRAWING ISSUED | REV. | FECHA (date): 14/07/2024 | DIBUJANTE (technical drawer): Lutuala D. | APROBADO (approved): |
| | CLIENTE (customer): | <input type="checkbox"/> PARA INFORMAR FOR ENERGY <input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR DE SAG <input type="checkbox"/> PARA DISEÑO FOR DE SAG <input type="checkbox"/> REVISADO REV-SAG | <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION FOR CONSTRUCTION <input type="checkbox"/> PARA APROBACION FOR SPECIAL <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION FOR INFORMATION <input type="checkbox"/> ASSEMBLY | LÁMINA (sheet): HOJA | | REVISÓ (checked): ESCALA (scale): |
| NOTAS: (notes): | | | | | | |

Bibliografía

- Ambiente), h. (. (2024). Ministerio del medio ambiente.
- Pulido, M. G. (2021). Repositorio Universidad de Colombia. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/46072/1/2022-AhumadaHernandezyCarrillo_Estudio_Impacto_Ambiental.pdf
- Ron P, F. E. (2022). Process Optimization of Advertising Articles Using an Integrated Strategy of Production and Environmental Care. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-94262-5_9
- Silpa, K. (20 de Septiembre de 2018). Grupo Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- De, M., Potable, A., & Saneamiento, A. Y. (n.d.). Integración de un Organismo Operador. www.conagua.gob.mx
- Ernesto, A., Mendoza, E., Fabricio, E., & Rosero, V. (n.d.). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIEROS MECÁNICOS TEMA: REDISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA TAMIZADORA DE GRANOS DE CAFÉ PARA LA PLANTA DE EMPAQUETADO DE LA ASOCIACIÓN RÍO INTAG AUTORES.
- ÍNDICE CÁLCULOS. (n.d.).
- McCabe Warren L., Smith Julian C., & Harriott Peter. (2007). libro química. SÉPTIMA EDICION, 1–1212.
- Mott Robert L., & Untener Joseph A. (2015). MECANICA DE FLUIDOS 7° EDICION ROBERT MOTT. Séptima edición, 1–552.
- Penche Celso. (n.d.). manual2.
- Tratamiento Primario, P. (n.d.). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. www.conagua.gob.mx