



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERIA QUÍMICA

**DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE GRITZ FINO Y
SÉMOLA A PARTIR DE MAÍZ AMARILLO PARA LA PEQUEÑA
INDUSTRIA SIMAA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR:

CRISTIAN MANUEL SILVA FRANCO

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE GRITZ FINO Y
SÉMOLA A PARTIR DE MAÍZ AMARILLO PARA LA PEQUEÑA
INDUSTRIA SIMAA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: CRISTIAN MANUEL SILVA FRANCO

DIRECTOR: BQF. ADRIANA ISABEL RODRIGUEZ BASANTES

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Cristian Manuel Silva Franco

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Cristian Manuel Silva Franco, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de diciembre de 2023

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'S' shape with the name 'Cristian' written on the left side and 'Silva' on the right side.

Cristian Manuel Silva Franco
235050552-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE GRITZ FINO Y SÉMOLA A PARTIR DE MAÍZ AMARILLO PARA LA PEQUEÑA INDUSTRIA SIMAA**, realizado por el señor: **SILVA FRANCO CRISTIAN MANUEL**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Augusta Guadalupe Alcoser PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2023-12-19
Bqf. Adriana Isabel Rodríguez Basantes DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-12-19
Ing. Mónica Lilián Andrade Avalos ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-12-19

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo de integración curricular a mis padres porque son el pilar fundamental en mi vida, en especial durante todo el proceso de la elaboración del trabajo de integración curricular presente, a mi hermano mayor y su familia, en especial a mi sobrina a pesar de ser muy pequeña, la considero parte importante en mi motivación, por lo tanto, este trabajo de integración curricular va dedicado a todas las personas que siempre mantuvieron la fe en mí y nunca me dejaron solo, siendo la luz y la esperanza en este camino.

Cristian Manuel

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco primero a Dios por darme la sabiduría y la fuerza para poder culminar con este trabajo de integración curricular, luego agradecerles a mis padres por ser ese pilar fundamental que me apoyó de forma incondicional sin dejarme solo en este camino, por su cariño, respeto y humildad que me han inculcado para poder seguir con éxito la finalización de este trabajo, también agradezco a mi hermano mayor y a su familia, personas que estuvieron al pendiente y motivándome para culminar con éxito y sin problemas dicho trabajo, manteniendo la esperanza en mí y que lograría muchas cosas en el camino. Asimismo, a mis compañeros de clase, mi grupo de amigos que estuvieron ahí de forma incondicional y ayudándonos de forma mutua para finalizar todo con éxito. De igual manera, agradezco a la pequeña industria SIMAA por abrirme las puertas y realizar todo lo necesario en sus instalaciones para seguir en el proceso de dicho trabajo, agradeciéndole profundamente al Ing. Luis Adrián por su apoyo durante la toma de datos y reuniones necesarias para desarrollar todo lo logrado. Terminando así mi agradecimiento a los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me mostraron su apoyo desde el principio hasta el fin, en especial a la Ing. Mónica Andrade y la Bqf. Adriana Rodríguez, por su paciencia durante las visitas que le realizaba en sus oficinas para culminar con éxito este trabajo de integración curricular.

Cristian Manuel

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.2.	Justificación.....	2
1.3.	Objetivos	3
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	3
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO	4
2.1.	Antecedentes de investigación.....	4
2.2.	Referencias teóricas	5
2.2.1	<i>Maíz (Zea Mays L)</i>	5
2.2.1.1	<i>Biología del maíz</i>	6
2.2.1.2	<i>Composición química del Maíz</i>	6
2.2.1.3	<i>Clasificación comercial del maíz basado en el color</i>	6
2.2.2	<i>Harinas</i>	6
2.2.2.1	<i>Composición química de la Harina</i>	7

2.2.3	<i>Gritz de maíz</i>	7
2.2.4	<i>Sémola de maíz</i>	7
2.2.5	<i>Silos (Almacenamiento del maíz)</i>	7
2.2.6	<i>Molienda</i>	8
2.2.7	<i>Tipos de molinos</i>	8
2.2.7.1	<i>Molinos de rodillos</i>	8
2.2.7.2	<i>Molinos a martillo</i>	9
2.2.7.3	<i>Molinos pendulares</i>	9
2.2.7.4	<i>Molinos de barras</i>	10
2.2.7.5	<i>Molinos de Bolas</i>	10
2.2.8	<i>Tamizado</i>	11

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	12
3.1.	Planificación del proyecto	12
3.1.1	<i>Cronograma</i>	12
3.1.2	<i>Presupuesto</i>	12
3.1.2.1	<i>Recursos económicos</i>	13
3.1.2.2	<i>Fuentes de financiamiento</i>	14
3.2.	Metodología	14
3.2.1	<i>Obtención de la materia prima</i>	14
3.2.1.1	<i>Maíz (Zea Mays L)</i>	14
3.2.2	<i>Caracterización de la materia prima</i>	14
3.2.2.1	<i>Maíz (Zea Mays L)</i>	14
3.2.3	<i>Proceso de elaboración del griz fino y sémola</i>	15
3.2.3.1	<i>Recepción de la materia prima</i>	15
3.2.3.2	<i>Descarga de la materia prima</i>	16
3.2.3.3	<i>Almacenamiento en silo</i>	16
3.2.3.4	<i>Almacenamiento en silo pulmón</i>	16

3.2.3.5	<i>Limpieza</i>	16
3.2.3.6	<i>Humectación</i>	16
3.2.3.7	<i>Reposo</i>	16
3.2.3.8	<i>Desgerminado</i>	17
3.2.3.9	<i>Molienda</i>	17
3.2.3.10	<i>Tamizado</i>	17
3.2.3.11	<i>Envasado</i>	17
3.2.3.12	<i>Almacenamiento y distribución</i>	17
3.2.4	<i>Flujograma del proceso de elaboración del griz fino y sémola</i>	18
3.3	Cálculos de Ingeniería y dimensionamiento del proceso	19
3.3.1	<i>Cálculo del volumen del Silo</i>	19
3.3.2	<i>Cálculo del volumen del silo pulmón</i>	20
3.3.3	<i>Cálculos para la operación de limpieza por aire ciclón</i>	21
3.3.3.1	<i>Cálculo de la velocidad de ingreso de la partícula al ciclón</i>	21
3.3.3.2	<i>Determinación de la presión de ingreso del aire al ciclón</i>	22
3.3.3.3	<i>Cálculo del equipo de residuos por parte del ciclón</i>	22
3.3.4	<i>Parámetros para la limpieza por vibración de motores</i>	24
3.3.4.1	<i>Cálculo del volumen del equipo de la limpieza</i>	24
3.3.5	<i>Parámetros importantes dentro de la operación de la humectación</i>	25
3.3.5.1	<i>Determinación de la capacidad y material del reservorio de agua</i>	25
3.3.5.2	<i>Cálculo de la velocidad de ingreso del agua por aspersión</i>	25
3.3.5.3	<i>Cálculo del volumen del equipo de humectación</i>	26
3.3.6	<i>Diseño de los tornillos sin fin para el transporte de sólidos</i>	27
3.3.6.1	<i>Diseño del tornillo sin fin del Silo al elevador del Silo Pulmón</i>	31
3.3.6.2	<i>Diseño del tornillo sin fin que va desde el Silo Pulmón a la carga para la limpiez</i> ...	33
3.3.6.3	<i>Diseño del tornillo sin fin dentro de la humectación</i>	35
3.3.6.4	<i>Diseño del tornillo sin fin de la celda reposo al desgerminador</i>	38
3.3.7	<i>Cálculo del volumen de la celda de reposo</i>	40
3.3.8	<i>Cálculo del volumen del desgerminador</i>	41

3.3.9	<i>Molienda mediante molino de rodillos</i>	42
3.3.9.1	<i>Número recomendado de rodillos</i>	42
3.3.9.2	<i>Determinación del coeficiente de fricción</i>	43
3.3.9.3	<i>Ángulo de la separación entre rodillos</i>	43
3.3.9.4	<i>Diámetro de los rodillos en el equipo</i>	44
3.3.9.5	<i>Longitud de contacto entre rodillos</i>	44
3.3.9.6	<i>Longitud de los rodillos</i>	45
3.3.9.7	<i>Capacidad de trituración</i>	45
3.3.9.8	<i>Revoluciones por minuto de los rodillos</i>	46
3.3.9.9	<i>Determinación de la potencia del molino</i>	46
3.3.9.10	<i>Ley de Rittinger</i>	46
3.3.9.11	<i>Dimensionamiento del molino</i>	47
3.3.10	<i>Cálculo del volumen del plansifter y organización de tamices</i>	48
3.3.11	<i>Determinación del equipo para el envasado</i>	49
3.3.12	<i>Análisis granulométrico del Gritz de maíz fino</i>	49
3.3.13	<i>Análisis granulométrico de la sémola</i>	51
3.3.14	<i>Balances de masa</i>	53
3.3.14.1	<i>Limpieza por ciclón y vibración de motores</i>	53
3.3.14.2	<i>Humectación</i>	54
3.3.14.3	<i>Desgerminado</i>	55
3.3.14.4	<i>Molienda</i>	56
3.3.14.5	<i>Tamizado</i>	56
3.4.	<i>Validación técnica y económica</i>	59
3.4.1	<i>Factibilidad económica del gritz fino de maíz</i>	59
3.4.1.1	<i>Inversión fija</i>	59
3.4.1.2	<i>Trascendencia de gastos de producción</i>	59
3.4.1.3	<i>Capital de trabajo</i>	60
3.4.1.4	<i>Inversión total</i>	61
3.4.1.5	<i>Costo de producción anual</i>	61

3.4.1.6	<i>Precio de venta al público (PVP)</i>	61
3.4.1.7	<i>Marcha del proyecto</i>	62
3.4.1.8	<i>Punto de equilibrio</i>	62
3.4.1.9	<i>Utilidad neta</i>	63
3.4.1.10	<i>VAN (Valor actual neto)</i>	64
3.4.1.11	<i>TIR (Tasa interna de retorno)</i>	65
3.4.1.12	<i>Validación del TIR</i>	66
3.4.1.13	<i>Ciclo de recuperación</i>	66
3.4.1.14	<i>Beneficio del costo del proyecto técnico</i>	67
3.4.2.	<i>Factibilidad económica de la sémola de maíz</i>	67
3.4.2.1	<i>Inversión fija</i>	67
3.4.2.2	<i>Trascendencia de gastos de producción</i>	68
3.4.2.3	<i>Capital de trabajo</i>	68
3.4.2.4	<i>Inversión total</i>	69
3.4.2.5	<i>Costo de producción anual</i>	69
3.4.2.6	<i>Precio de venta al público (PVP)</i>	70
3.4.2.7	<i>Marcha del proyecto</i>	70
3.4.2.8	<i>Punto de equilibrio</i>	71
3.4.2.9	<i>Utilidad neta</i>	72
3.4.2.10	<i>VAN (Valor actual neto)</i>	72
3.4.2.11	<i>TIR (Tasa interna de retorno)</i>	73
3.4.2.12	<i>Validación del TIR</i>	74
3.4.2.13	<i>Ciclo de recuperación</i>	74
3.4.2.14	<i>Beneficio del costo del proyecto técnico</i>	75

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	76
4.1.	Factibilidad Técnica	76
4.1.1	<i>Caracterización del grütz fino de maíz y sémola</i>	76

4.2.	Cálculos de ingeniería y dimensionamiento del proceso	77
4.3.	Análisis de la validación técnica y económica	80
	CONCLUSIONES	81
	RECOMENDACIONES	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Composición química de granos de cereales (valor promedio)	6
Tabla 2-2: Clasificación comercial del maíz según el color en Ecuador.....	6
Tabla 3-2: Porcentaje de los principales componentes de la Harina.....	7
Tabla 1-3: Presupuesto General detallado.....	13
Tabla 2-3: Recursos totales	13
Tabla 3-3: Financiamiento.....	14
Tabla 4-3: Caracterización fisicoquímica de la materia prima (<i>Zea Mays L</i>).....	14
Tabla 5-3: Caracterización microbiológica de la materia prima (<i>Zea Mays L</i>).....	15
Tabla 6-3: Contaminantes	15
Tabla 7-3: Valores del coeficiente de relleno según el tipo de carga.....	28
Tabla 8-3: Grado de inclinación del transportador	29
Tabla 9-3: Capacidad de transporte de un tornillo sin fin	29
Tabla 10-3: Valores del coeficiente de resistencia del material transportado	30
Tabla 11-3: Valores de coeficiente de fricción.....	43
Tabla 12-3: Orden de mallas para el tamizado de Gritz fino y Sémola	49
Tabla 13-3: Análisis Granulométrico del Gritz de maíz fino	49
Tabla 14-3: Análisis Granulométrico de la Sémola.....	51
Tabla 15-3: Inversión fija.....	59
Tabla 16-3: Costos de materia prima e insumos.....	59
Tabla 17-3: Costos de trabajadores en la empresa.....	60
Tabla 18-3: Costos de servicios básicos.....	60
Tabla 19-3: Gastos mensuales de producción	60
Tabla 20-3: Gastos mensuales de producción	61
Tabla 21-3: Gastos mensuales de producción	61
Tabla 22-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto	62
Tabla 23-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto	64
Tabla 24-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto	65

Tabla 25-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto	65
Tabla 26-3: Comprobación del TIR.....	66
Tabla 27-3: Ciclo de recuperación del proyecto.....	66
Tabla 28-3: Inversión fija.....	67
Tabla 29-3: Costos de materia prima e insumos.....	68
Tabla 30-3: Costos de trabajadores en la empresa.....	68
Tabla 31-3: Costos de servicios básicos.....	68
Tabla 32-3: Gastos mensuales de producción	69
Tabla 33-3: Gastos mensuales de producción	69
Tabla 34-3: Gastos mensuales de producción	69
Tabla 35-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto	70
Tabla 36-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto	72
Tabla 37-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto	73
Tabla 38-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto	74
Tabla 39-3: Comprobación del TIR.....	74
Tabla 40-3: Ciclo de recuperación del proyecto.....	74
Tabla 1-4: Requisitos físicos	76
Tabla 2-4: Requisitos de la sémola, harina, gritz del maíz.....	76
Tabla 3-4: Requisitos microbiológicos	76
Tabla 4-4: Contaminantes	77
Tabla 5-4: Resultados de cálculos y dimensionamiento.....	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Molino de rodillos comercial.....	8
Ilustración 2-2:	Ensamble general del molino de martillos	9
Ilustración 3-2:	Molino Pendular	10
Ilustración 4-2:	Molino de Barras	10
Ilustración 5-2:	Molino de bolas continuo.....	11
Ilustración 1-3:	Cronograma de actividades	12
Ilustración 2-3:	Diagrama de flujo de la línea de producción	18
Ilustración 3-3:	Silo de almacenamiento con base de hormigón.....	19
Ilustración 4-3:	Silo pulmón	20
Ilustración 5-3:	Equipo para residuos del ciclón.....	24
Ilustración 6-3:	Equipo de limpieza	25
Ilustración 7-3:	Equipo de Humectación	27
Ilustración 8-3:	Celda de reposo o almacenamiento.....	40
Ilustración 9-3:	Desgerminador.....	42
Ilustración 10-3:	Equipo para la molienda.....	48
Ilustración 11-3:	Plansifter	48
Ilustración 12-3:	Gráfica entre % Parcial y tamaño de partícula	50
Ilustración 13-3:	Gráfica entre % Retenido y tamaño de partícula	50
Ilustración 14-3:	Gráfica entre % Pasante y tamaño de partícula	50
Ilustración 15-3:	Gráfica entre % Parcial y tamaño de partícula	52
Ilustración 16-3:	Gráfica entre % Retenido y tamaño de partícula	52
Ilustración 17-3:	Gráfica entre % Pasante y tamaño de partícula	52
Ilustración 18-3:	Balance de masa global del proceso	58

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PLANO DEL SILO
- ANEXO B:** PLANO DEL SILO PULMÓN
- ANEXO C:** PLANO DEL EQUIPO DE RESIDUOS DEL CICLÓN
- ANEXO D:** PLANO DEL EQUIPO DE LIMPIEZA
- ANEXO E:** PLANO DEL EQUIPO DE LA HUMECTACIÓN
- ANEXO F:** PLANO DE LA CELDA DE REPOSO
- ANEXO G:** PLANO DEL DESGERMINADOR
- ANEXO H:** PLANO DEL MOLINO
- ANEXO I:** PLANO DEL PLANSIFTER
- ANEXO J:** LAYOUT DE LA PEQUEÑA INDUSTRIA SIMAA
- ANEXO K:** ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL MAÍZ
- ANEXO L:** ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL GRITZ FINO Y SÉMOLA
- ANEXO M:** INFORMACIÓN NUTRICIONAL DEL GRITZ FINO
- ANEXO N:** ANÁLISIS DE CONTAMINANTES DEL GRITZ FINO Y SÉMOLA
- ANEXO O:** ANÁLISIS GENERAL DEL GRITZ FINO Y SÉMOLA
- ANEXO P:** ANÁLISIS DE PROTEÍNA DEL MAÍZ

RESUMEN

El propósito del trabajo de integración curricular fue realizar el Diseño del proceso de elaboración de Gritz fino y Sémola a partir del maíz amarillo para la pequeña industria SIMAA. Donde primero se realizó la caracterización de la materia prima, el maíz (*Zea Mays L*) en base a la NTE INEN 187:2013 para verificar su cumple con la calidad correspondiente y asegurar la continuidad del proceso de obtención de los productos finales. Se estableció distintos parámetros de diseño para el dimensionamiento del proceso mediante cálculos de ingeniería presentes en la producción industrial del Gritz fino y Sémola. Los equipos necesarios para la línea de producción se encuentran el Silo, Silo pulmón, equipo de residuos de la limpieza por aire ciclón, equipo de limpieza, equipo de humectación, celdas, desgerminador, molinos de rodillos, plansifters y el equipo de envasado, donde toda la línea de producción va a de acuerdo a la cantidad de materia a usar que es de 8 toneladas por jornada de trabajo. La validación técnica en cuanto al trabajo final se realizó en base a la NTE INEN 2051:2013, donde se obtuvieron datos dentro de los parámetros de la norma, diciendo así, que los productos finales son aptos para el consumo humano y son los indicados para empezar su procesamiento y obtener los cereales, snacks o extruidos, se obtuvo un rendimiento para el Gritz fino de maíz del 57,60% y para la Sémola del 34,56%. Dentro de la validación económica de estableció un VAN de \$649077,9209 y un TIR de 45%, , llegando a la conclusión de que el proyecto es viable. De igual manera, se elaboró el diseño del Layout en cuanto a dimensiones de la pequeña industria y sus respectivos planos por cada uno de los equipos involucrados en el dimensionamiento de la línea de producción para garantizar una producción eficiente y óptima para la obtención de los productos finales.

Palabras clave: <MAÍZ (*Zea Mayz L.*)>, <GRITZ FINO>, <SÉMOLA>, <VALIDACIÓN>, <PARÁMETROS >, <DISEÑO>, < DIMENSIONAMIENTO>.

2299-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The curricular integration work aimed to design the process of making fine Grits and semolina from yellow corn for the small industry SIMAA. First, the raw material, the corn (Zea Mays L), was characterized based on NTE INEN 187:2013 to verify its compliance with the corresponding quality and ensure the continuity of obtaining the final products. Different design parameters were established for the process sizing using engineering calculations present in the industrial production of fine Grits and Semolina. The necessary equipment for the production line is the Silo, Silo Lung, Cyclone Air Cleaning Waste Equipment, Cleaning Equipment, Humidification Equipment, Cells, Degerminator, Roller Mills, Plansifter, and Packaging Equipment. The production line goes according to the amount of material to be used, which is 8 tons per working day. The technical validation regarding the final work was carried out based on NTE INEN 2051:2013, where data were obtained within the parameters of the standard, thus saying that the final products are suitable for human consumption and are indicated to start their processing and get cereals snacks, or extruded. A yield of 57.60% was obtained for the fine corn Grits and the semolina of 34.56%. An NPV of \$649077.9209 and an IRR of 45% are established, concluding that the project is viable. In the same way, the layout design elaborated the dimensions of the small industry and its respective plans for each of the teams involved in dimensioning the production line to guarantee efficient and optimal production to obtain the final products.

Keywords: <CORN (Zea Mayz L.)>, <GRITS FINE>, <SEMOLA>, <VALIDATION>, <PARAMETERS>, <DESIGN>, <DIMENSIONING>.



Lcdo. Edison Renato Ruiz López

CI: 060395704-4

INTRODUCCIÓN

El diseño del proceso es un tema fundamental y aplicativo dentro de la Ingeniería Química, permite optimizar la eficiencia y la productividad en la fabricación de bienes y servicios, gracias a este tema, se logrará explorar los conceptos fundamentales y varios principios clave que guían el diseño de procesos efectivos, en este caso, para el Gritz de maíz y sémola para la pequeña industria SIMAA

La línea de producción se lo puede mencionar como un sistema organizado de varios factores como maquinarias, equipos, herramientas y trabajos que son interconectados para llevar a cabo toda una secuencia organizada de operaciones necesarias para la producción y fabricación de un producto o también para brindar un servicio.

Hay que tomar en cuenta que el objetivo principal de una línea de producción es lograr una producción eficiente, donde se puede asegurar que los productos se fabriquen de la manera más rápida, sin perder la calidad del producto, e incluso maximizando dicha calidad, teniendo en cuenta que todo esto logra minimizar tiempo y costo, teniendo una mejor organización tanto de trabajadores como de equipos usados durante la producción.

Para llevar a cabo un buen diseño de proceso para una empresa, se debe analizar el flujo de trabajo y los procesos que se ven involucrados en la producción, es importante identificar las etapas necesarias para dicha fabricación, un aspecto destacado dentro de los diseños es el tiempo de ciclo de cada etapa y la capacidad requerida para cumplir con la demanda.

La aplicación de un buen diseño de proceso para la fabricación de Gritz de maíz y Sémola permitirá mejorar su producción, optimizando tiempo y logrando una mejor eficiencia en el proceso, ya que eso es lo requiere la pequeña industria SIMAA, todo esto basándose en cálculos de ingeniería que cumplan con los objetivos de calidad, costo y tiempo.

CAPÍTULO I

1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Para el Ecuador, el consumo diario de harina de maíz es parte importante en la dieta de sus habitantes, para la elaboración de comidas: platos tradicionales, consumo de alimentación normal para todos los estratos de edad.

El consumo de cereales se ha incrementado de manera significativa en distintos productos elaborados tales como: Snacks, extruidos, entre otros; como el Gritz de maíz tiene relevancia al ser materia prima en cada uno de los productos mencionados, por lo que se ha aumentado la demanda de consumo de este producto, hay pocas empresas que se dedican a elaborar este producto para nuestro país, esta demanda hace que nuestro país importe el Gritz de maíz de países vecinos de acuerdo a las estaciones del año en nuestro país (Ritva et al., 2011, p .210).

En la industria harinera de nuestro país para la elaboración del Gritz se utiliza maíz amarillo por su aporte energético y alto contenido de vitamina B1 y representar más del 7% de la producción agrícola nacional (Baca, 2016, p. 28).

La pequeña industria "SIMAA" al ser una microempresa nueva que se encuentra en crecimiento dedicada a la elaboración de productos a base de Gritz de maíz y sémola, carece del diseño del proceso de la obtención de este Gritz que es utilizado como materia prima para la fabricación de sus productos.

1.2. Justificación

Con el aumento de la demanda del uso de Gritz fino y Sémola que tiene la pequeña industria, SIMAA compra el maíz amarillo como materia prima para la elaboración de sus productos por tal motivo requiere del diseño para la obtención del Gritz fino y Sémola que garantice la continuidad de esta materia prima durante el proceso productivo mejorando la calidad de los productos y la productividad de la pequeña industria.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar el proceso de elaboración de Gritz fino y Sémola a partir de maíz amarillo para la pequeña industria SIMAA.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización física, química y microbiológica correspondiente a la materia prima maíz mediante la norma técnica INEN 187:2013.
- Identificar las variables, parámetros y operaciones necesarias para el diseño del proceso industrial de elaboración de Gritz fino y Sémola.
- Aplicar cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del diseño propuesto.
- Realizar la validación técnica y económica del diseño propuesto mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto con base a la norma INEN 2051:2013

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

El maíz es la materia prima y el cereal más utilizado en el mundo para consumo directo y la producción de alimentos complementarios, se aplica en procesos de fermentación, tostado y descascarillado, que pueden ser combinados o de implementación única, acompañados de la modificación de las características nutricionales, funcionales y reológicas para la obtención principal de harina (Dongmo et al., 2020).

La revista de investigación agrícola y alimentaria de Camerún mediante su tema “EFECTO DEL PROCESO Y VARIEDAD SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y REOLÓGICAS DE DOS VARIEDADES DE HARINA DE MAÍZ” realizado en el año 2020, muestran la influencia del proceso y la variedad en las propiedades fisicoquímicas y reológicas de las harinas de maíz blanco y amarillo, se efectuaron tres procesamientos de maíz para este tipo de harinas. Las harinas sin tostar se obtuvieron después del descascarillado y fermentación, las harinas tostadas después de la fermentación y el tostado y las harinas sin fermentar después del remojo y la molienda. Se evaluaron las propiedades reológicas y ACP (Análisis de Componentes Principales). Los resultados mostraron que el tratamiento y la variedad afectaron significativamente estas propiedades, siendo las harinas tostadas las que presentaron los mejores contenidos de carbohidratos digestibles, minerales y cenizas, mientras que las harinas sin tostar presentaron los mayores contenidos de proteínas y lípidos. Se estudió la influencia del proceso y la variedad en las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la harina de maíz. Del análisis que realizaron obtuvieron que la harina blanca sin tratar tiene los mayores contenidos de carbohidratos (75,3%) y proteínas (11,37%), mientras que el contenido de cenizas (2,05%), lípidos (5,28%), pH, densidad de masa, minerales y fitatos fueron más representativos en harina amarilla sin tratar. Las harinas del proceso 1 presentaron los contenidos de proteína (9.1% para la variedad blanca y 8.9% para la variedad amarilla) y lípidos (1.09% para la variedad blanca y 3.04% para la variedad amarilla) más altos mientras que el contenido más alto de carbohidratos digestibles fue observado con el proceso 2 (83,07% para la variedad blanca y 78,32% para la variedad amarilla). Las harinas del proceso 3 presentaron los menores contenidos de proteína (7.99% para la variedad blanca y 7,09% para la variedad amarilla). De ello se deduce que el proceso 1 permite conservar mejor las propiedades nutricionales de las harinas (Dongmo et al., 2020).

El trabajo de investigación “EFECTO DE LA MEZCLA GRITZ DE MAÍZ *Zea mays* FRÉJOL *Phaseolus vulgaris* L Y DIÁMETRO DE BOQUILLA EN EL PRODUCTO EXTRUSADO”

realizado en el año 2018, muestra como el Gritz de maíz es una parte importante dentro del proceso de elaboración de un producto extrusado mezclado con fréjol, donde se innova con una línea de producción propia, calculando en si sus efectos y rendimientos de esta mezcla de Gritz de maíz y frejol. Para el estudio del proceso de extrusión se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial A x B, el cual consta de 3 niveles de repeticiones, obteniendo 6 tratamientos en estudio, con un total de 18 unidades experimentales. El modelo estadístico implementado permitió establecer los niveles de extrusión que proporcionen las mejores características. obteniendo así un rendimiento del 87,98% en toda la línea de producción, con esta investigación se descubrió que las leguminosas superan en el contenido del nutriente, considerándole como alimentos proteicos, destacándose dos tratamientos en el análisis proximal, el contenido de proteína y aceptabilidad en el análisis sensorial (Burbano Ormaza, 2018, p. 45). Mediante la obtención de las harinas de maíz y Gritz de maíz, se produce también la sémola del maíz, un producto que se destaca por sus cualidades nutritivas reducidas e ideal para muchos productos de consumo diario como los fideos, macarrones o cucús. De acuerdo al estudio de (Lezcano & Cuggino, 2019, p .2), indican la optimización del proceso de obtención de sémola de maíz, del cual siguieron un diagrama de molienda seca donde se implementa instalaciones especiales el cual permite la optimización del proceso; consiste en obtener la materia prima (maíz), continuando con un desgerminador a un caudal de alimentación de 60 kg/h, siguiendo un separador neumático y finalmente haciendo pasar todo lo obtenido por un molino de rolos obteniendo así la sémola gruesa (SG) y la sémola fina (SF), toda esta línea de producción propuesta les permitió obtener dichas sémolas con un grado de materia grasa inferior al 1%, nivel adecuado para empezar un proceso de extrusión y en la granulometría final de dichos productos fue entre los 420 y 1190, conservando así todas las propiedades nutritivas que proporciona la sémola de maíz como materia prima para varios productos de consumo diario.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1 Maíz (*Zea Mays L*)

El maíz (*Zea Mays L*) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea*. Es el conjunto de granos amarillos con un ligero tono rojizo procedente de cualquier variedad o híbrido de las gramíneas (Rios, 2023, p .41).

El maíz (*Zea Mays L*), es considerado como el tercer cultivo más importante y destacado del mundo, luego del trigo y del arroz, esto gracias a que es una materia prima que se adapta a las

muchas condiciones ecológicas, se lo cultiva en gran parte del mundo y se lo considera un alimento básico o primario para millones de personas, sobre todo en América latina (Ortigoza et al., 2019).

2.2.1.1 Biología del maíz

El maíz se considera una planta anual de gran desarrollo vegetativo tiene un porte robusto y un rápido desarrollo, puede alcanzar hasta 5 metros de altura, considerando que lo normal que puede alcanzar es de 2 a 2,50 metros (Ortigoza et al., 2019).

2.2.1.2 Composición química del Maíz

Tabla 1-2: Composición química de granos de cereales (valor promedio)

(g/100g)	Maíz
Humedad	11,3
Proteína (Nx6,25)	8,8
Lípidos	3,8
Carbohidratos disponibles	65,0
Fibra	9,8
Minerales	1,3

Fuente: (Urango, 2018, p .193)

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

2.2.1.3 Clasificación comercial del maíz basado en el color

Tabla 2-2: Clasificación comercial del maíz según el color en Ecuador

COLOR	CARACTERÍSTICAS
Maíz blanco	Muestra un valor menor o igual al 5% de maíces amarillos. Un ligero tinte cremoso, pajizo o rosado.
Maíz amarillo	De granos amarillos o con un trozo rojizo y que tenga un valor menor o igual al 6% de maíces de otro color.
Maíz mezclado	Maíz blanco que contenga entre 5,1 a 10 % de maíces amarillos, así como el maíz amarillo que presenta un valor entre 5,1 a 10% de maíces blancos.
Maíz negro	Muestra un valor menor o igual a 5% de maíces blancos o amarillos. Siendo superior al 10% de maíces oscuros.

Fuente: (Rios, 2023, p .31)

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

2.2.2 Harinas

Harina es el polvo relativamente fino que se obtiene de la molienda de un cereal y de otros alimentos ricos en almidón, en general se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más común es la harina de trigo, materia prima principal en la elaboración del pan, también se

hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz o de arroz; existen también otros tipos de harinas que se obtienen de otros alimentos como leguminosas (garbanzos, soja), castaña, mandioca, etc. (Sifre et al., 2018, p .3).

2.2.2.1 Composición química de la Harina

Tabla 3-2: Porcentaje de los principales componentes de la Harina

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Almidón	70 – 75
Proteínas	10 – 12
Polisacáridos no del almidón	2 – 3
Lípidos	2

Fuente: (De la Vega, 2009, p .27)

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

2.2.3 Gritz de maíz

El Gritz proviene de la porción dura del endospermo del maíz pergamino amarillo clasificado para consumo humano, que ha sido sometido a procesos de limpieza, separación de la cascarilla del germen y del endospermo suave como resultado de la desgerminación y molienda seca, para producir cristales con bajos contenidos de grasa desprovistos de fibra, y con olor y color característico de maíz sano (Agro Grain S.A, 2023).

2.2.4 Sémola de maíz

La Sémola de maíz, al igual que el Gritz de maíz, proviene de la porción dura del endospermo del maíz pergamino amarillo clasificado para consumo humano, que ha sido sometido a un proceso de limpieza, separación de la cascarilla, del endospermo suave y del germen, como resultado de la desgerminación y molturación seca. Se caracteriza por su granulometría fina de partícula uniforme, que permite agregarse en mezclas de cereales para distintas aplicaciones (Agro Grain S.A, 2023).

2.2.5 Silos (Almacenamiento del maíz)

Los silos metálicos son receptáculos para almacenar una gran variedad de granos como el maíz y frijoles. Están hechas de forma cilíndrica y con láminas de zinc lisas, galvanizadas con estaño, los silos en la parte superior como el fondo son planas. La parte superior tiene una rendija con tapadera que se utiliza para echar el grano. En los silos grandes industriales, el tamaño de la rendija da la opción a una persona de entrar para realizar la limpieza interna y su revisión

respectiva. El silo en su parte inferior tiene una abertura con tapadera para sacar el grano (Rodríguez, 2015, p.2).

2.2.6 Molienda

La molienda es el proceso de reducción de tamaño de sólidos mediante la utilización de máquinas conocidas como molinos o trituradoras, los cuales usan métodos sea de forma individual o combinada (Dávila & Álvarez, 2011, p.1).

Es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida, la división se lleva a cabo reduciendo o fraccionando al material inicial a través de medios mecánicos hasta lograr obtener el tamaño deseado (Dávila & Álvarez, 2011, p .2).

La molienda tiene por objetivo la transformación del endospermo en harina y sémolas, y la separación, lo más íntegras posible de las cubiertas del grano (fibra o salvado) y el germen (García, 2014, p.24).

2.2.7 Tipos de molinos

2.2.7.1 Molinos de rodillos

En las industrias harineras modernas, el molino de rodillos es el equipo utilizado para la molturación del grano. Esto gracias a muchas razones, entre las que destaca su alta eficacia energética, las facultades de ajuste de los parámetros de la molienda, incluso durante su funcionamiento, y porque tiene la capacidad de aplastar la capa fibrosa del grano, obteniendo la harina del endospermo (García, 2014, p. 25).



Ilustración 1-2: Molino de rodillos comercial

Fuente: (García, 2014,p.26)

2.2.7.2 Molinos a martillo

El molino de martillos es una máquina cuya función principal está involucrada en procesos de trituración y molienda, es un molino de impacto o percusión, su principal ventaja es la capacidad de procesar muchos tipos de materiales, así también como la producción de partículas de distintos tamaños, esto se puede lograr permutando la pantalla de salida del molino (Martínez, 2015, p. 1). El principio de funcionamiento de un molino de martillos es iniciar por la boca superior donde va ingresar el producto a ser triturado y por gravedad cae al interior donde gira a gran velocidad, donde los martillos van a golpear el producto que se encuentra en el interior del molino que a su vez choca con una cámara de desintegración y así sucesivamente hasta que el producto alcance un tamaño tal que pueda pasar por la criba (Martínez, 2015, p .3).

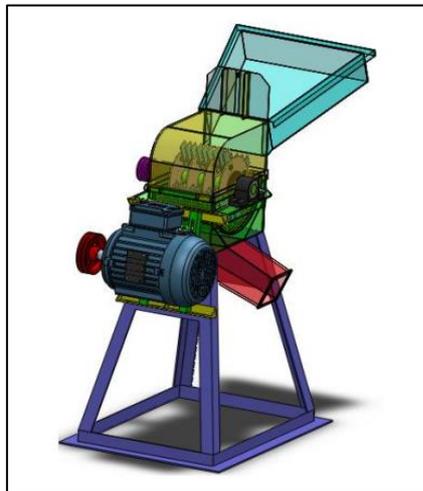


Ilustración 2-2: Ensamble general del molino de martillos

Fuente: (Martínez, 2015, p .4)

2.2.7.3 Molinos pendulares

Los molinos pendulares se emplean para la molienda de todas las materias resistentes o duras y también cuando hay la presencia de materiales abrasivos. Así, se pueden moler calizos, fosfatos, minerales, arcillas y carbonatos (Angulo, 2013, p. 89).



Ilustración 3-2: Molino Pendular

Fuente: (Angulo, 2013, p. 57)

2.2.7.4 Molinos de barras

Los molinos de barras, reemplazan a las esferas o bolas por barras de acero, las fuerzas de impacto y fricción juegan un papel importante, ya que causa un impacto menos pronunciado, se recomienda el uso de molino de barras con sustancias pegajosas con las que las esferas puedes quedar adheridas a las masa de la carga, logrando hacerse inefectivas (Balcazar & Guamba, 2009, p. 41).

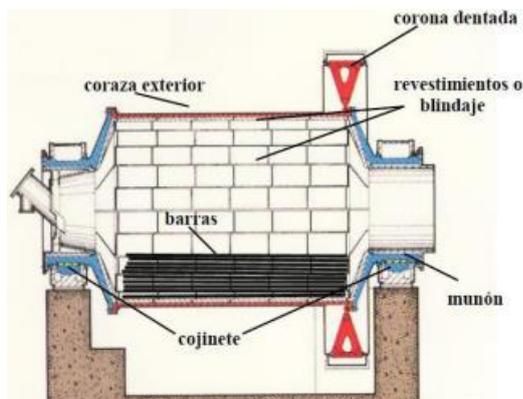


Ilustración 4-2: Molino de Barras

Fuente: (Balcazar & Guamba, 2009, p. 41)

2.2.7.5 Molinos de Bolas

El molino de bolas o también conocido de guijarros lleva a cabo una reducción mayor por impacto, cuando este molino gira sobre su propio eje, provoca en que todas las bolas involucradas caigan en forma de cascada de la altura máxima que tenga, toda esta acción causa un golpeteo

sobre el material a moler, además de que aporta de un buen mezclado del material a moler, esto garantiza que la molienda se de manera uniforme (Alcántara, 2005, p. 46).

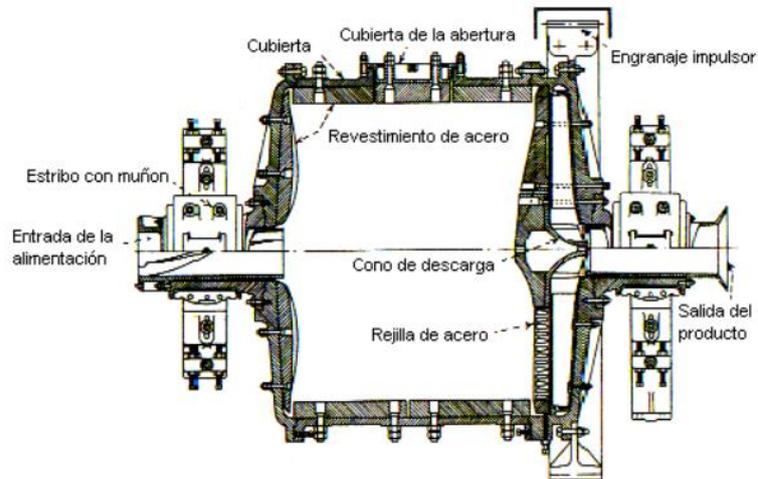


Ilustración 5-2: Molino de bolas continuo

Fuente: (Alcántara, 2005p. 56)

2.2.8 Tamizado

El tamizado es un método de separación de partículas que se basa en el tamaño de las mismas, en el tamizado a nivel industrial los sólidos se colocan sobre la superficie del tamiz, las partículas de menor tamaño o finos pasan a través de las aberturas del tamiz mientras que las de mayor tamaño o colas no, en algunas ocasiones el tamizado se realiza en húmedo, aunque lo más frecuente es realizarlo en seco (Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriot, 2013, p. 1689).

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1. Planificación del proyecto

3.1.1. Cronograma

Actividad	Período Académico																											
	1° MES				2° MES				3° MES				4° MES				5° MES				6° MES							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Elaboración del anteproyecto	■	■	■	■																								
Caracterización de la materia prima			■	■																								
Determinación de variables					■	■																						
Pruebas piloto a nivel de laboratorio para obtención del producto final							■	■	■	■	■	■																
Dimensionamiento del proceso									■	■	■	■	■	■	■	■												
Caracterización del producto obtenido											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Validación del diseño técnica y económica propuesto																	■	■	■	■	■	■	■	■				
Redacción del trabajo final																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Revisión del documento final																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Defensa de Resultados																												■

Ilustración 1-3: Cronograma de actividades

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

3.1.2. Presupuesto

Para el diseño del proceso para la obtención de los productos Gritz fino y Sémola de maíz amarillo, se requiere presentar un presupuesto que se describe a continuación, este desglose contempla las actividades principales necesarias para llevar a cabo la estructuración integral del proceso de diseño.

Tabla 1-3: Presupuesto General detallado

PRESUPUESTO			
ACTIVIDAD	MONTO	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	
		INTERNA	EXTERNA
Maíz amarillo (<i>Zea Mayz</i>)	\$20,00		X
Materiales de limpieza	\$15,00	X	
Envasado en sacos limpios de material resistente	\$2,00	X	
Equipos de protección	\$40,00	X	
Molienda (proceso) uso del equipo correspondiente	\$50,00	X	
Energía eléctrica	\$40,00		X
Agua Potable	\$10,00		X
SUBTOTAL	\$177,00		
PRESUPUESTO			
ANÁLISIS DE LABORATORIO			
ACTIVIDAD	MONTO	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	
		INTERNA	EXTERNA
Análisis físico químico	\$200,00		X
Análisis microbiológico	\$160,00	X	
SUBTOTAL	\$360,00		
PRESUPUESTO			
MATERIAL DE OFICINA			
ACTIVIDAD	MONTO	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	
		INTERNA	EXTERNA
Impresiones	\$25,00	X	
Copias	\$10,00	X	
Empastados	\$15,00	X	
Cuadernos	\$5,00	X	
Esferos	\$2,50	X	
Resmas	\$3,50	X	
SUBTOTAL	\$61,00		
PRESUPUESTO			
LOGÍSTICA			
ACTIVIDAD	MONTO	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	
		INTERNA	EXTERNA
Transporte	\$160,00	X	
Telefonía e Internet	\$30,00	X	
SUBTOTAL	\$190,00		

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

*3.1.2.1. Recursos económicos***Tabla 2-3: Recursos totales**

RECURSOS	COSTOS
Total, de materiales y recursos	\$782,60
Imprevistos 8%	\$62,61
TOTAL	\$845,21

Fuente: (Silva 2023)

3.1.2.2. Fuentes de financiamiento

Tabla 3-3: Financiamiento

DETALLE	CANTIDAD %	VALOR
Recursos Propios	68,06%	\$575,25
Recursos Externos	31,94%	\$269,96
TOTAL	100%	\$845,21

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

3.2. Metodología

En el trabajo técnico presente se procedió a realizar la metodología de forma experimental a nivel de laboratorio, basándose en las normas INEN de la materia prima utilizada y los productos finales obtenidos como el Gritz fino y Sémola, todo el abreviado para tener un diseño de proceso adecuado se expone a continuación:

3.2.1. Obtención de la materia prima

3.2.1.1. Maíz (*Zea Mays L*)

El maíz (*Zea Mays L*) se obtuvo de varios proveedores, en este caso se escogió de un proveedor de la región sierra y otro de la región costa. Se almacena en un silo de gran capacidad a temperatura ambiente para así tener un buen manejo durante la producción.

3.2.2. Caracterización de la materia prima

3.2.2.1. Maíz (*Zea Mays L*)

Para la elaboración de la línea de producción, es necesario tomar en cuenta la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima (*Zea Mays L*), por lo tanto, debe cumplir con los siguientes requisitos, tomando en cuenta la norma INEN 187:2013.

Tabla 4-3: Caracterización fisicoquímica de la materia prima (*Zea Mays L*)

Determinación	Método de Ensayo	Valor mínimo y según la Norma	Valor máximo según la Norma	Valor obtenido (a nivel de laboratorio)
Humedad	NTE INEN 187:2013	-	13,0	5,659
Materias orgánicas extrañas, %(m/m)	NTE INEN 187:2013	-	1,5	0,35
Materias inorgánicas extrañas, % (m/m)	NTE INEN 187:2013	-	0,5	0,01

Suciedad, %(m/m)	NTE INEN 187:2013	-	0,1	< 0,01
Granos defectuosos (dentro del que se encuentran los granos infectados) %(m/m)	NTE INEN 187:2013	-	7,0	0,54
Granos infectados, %(m/m)	NTE INEN 187:2013	-	0,5	0,064
Otros granos	NTE INEN 187:2013	-	2,0	< 0,01
Proteína	NTE INEN 543	8,0	-	9,87

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Tabla 5-3: Caracterización microbiológica de la materia prima (Zea Mays L)

MICROORGANISMO	Número de muestras que se van a examinar	Número de muestras permisibles con resultados entre m y M	VALORES			Valores Obtenidos (A Nivel De Laboratorio)
			M	M	Método de ensayo	
Mohos	5	2	10 ²	10 ⁵	NTE INEN 1529-10	30

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Tabla 6-3: Contaminantes

Metal	Requisito	Método de ensayo	Valores (obtenidos a nivel de laboratorio)
Plomo, mg/kg	0,2	NTE INEN 187:2013	< 0,05
Cadmio, mg/kg	0,1	NTE INEN 187:2013	< 0,02

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

3.2.3. *Proceso de elaboración del griz fino y sémola*

Para el diseño del proceso de elaboración de griz fino y sémola, se estableció el procedimiento de la guía implementada en la empresa, de acuerdo a la experiencia se tiene el siguiente proceso para la elaboración del producto final:

3.2.3.1. *Recepción de la materia prima*

La materia prima, proveniente de varios productores del país, que se usa para elaborar el griz fino y sémola, su abastecimiento depende de las estaciones y temporadas de cosechas del maíz (*Zea Mays L*), por lo tanto, se tiene en cuenta que toda la materia prima debe cumplir con todos los parámetros según las normas y se toma muestras para análisis de laboratorio y calificar su validación para la continuación en el proceso.

3.2.3.2. Descarga de la materia prima

Se realiza el pesado mediante báscula, donde la materia prima es elevada por una transportación mecánica llegando al Silo para su almacenamiento.

3.2.3.3. Almacenamiento en silo

La materia prima correctamente clasificada se descarga de forma mecánica en el Silo de almacenamiento con una capacidad de 60 toneladas de material acero galvanizado con base de hormigón.

3.2.3.4. Almacenamiento en silo pulmón

El almacenamiento en Silo Pulmón ocupa un lugar importante en el proceso, ya que es utilizado como un dosificador de la materia prima para el proceso productivo, el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 180 quintales de 45,36 kilos, hasta completar las 8 toneladas.

3.2.3.5. Limpieza

La limpieza de la materia prima se realiza mediante imanes, este proceso de limpieza sucede en dos partes: primero la introducción por aire ciclón para la eliminación de impurezas más livianas y segundo por vibración de dos motores de 2 HP para eliminar las impurezas más pesadas, pasando por una malla de 7 a 8 mm, trasladando la materia prima a una celda de forma cónica.

3.2.3.6. Humectación

Se inyecta agua por aspersión, en donde la materia prima se humecta aproximadamente 2 horas y de manera continua, para alcanzar la humedad correcta se utiliza como ayudante auxiliar un carril de tornillo sin fin, el cual controla el exceso de humedad que vaya ocurrir durante la humectación.

3.2.3.7. Reposo

El reposo se da en una celda de forma cónica de capacidad de 8 toneladas, en donde permanecerá el maíz húmedo en reposo por aproximadamente 12 a 24 horas, para así continuar con el proceso.

3.2.3.8. Desgerminado

El desgerminado se da con la ayuda de un desgerminador que está compuesto por un rodillo de acero inoxidable con cribas, funciona con fricción chocando el rodillo y la criba donde cumple la función principal de pelar el maíz, su capacidad máxima va de 1 a 3 toneladas por hora.

3.2.3.9. Molienda

La molienda es parte importante del proceso de obtención de gritz fino y la sémola, ya que básicamente se muele mediante la aplicación de un molino de rodillos, donde se va hacer más pequeñas las partículas del maíz y así lograr tener un mejor tamizado.

3.2.3.10. Tamizado

El maíz molido entra a los Plansifter, donde pasan las partículas ideales dependiendo del número de mallas para obtener productos como el gritz fino y la sémola, en este equipo pasa 1 tonelada por hora a pesar que el desgerminador funcione con una capacidad de 1 a 3 toneladas por hora, el Plansifter no puede trabajar con más capacidad porque se podría atascar, dichos equipos son 4 cajones, del cual cada cajón tiene 12 mallas.

3.2.3.11. Envasado

Los productos finales son llenados en sacos, con la ayuda de un equipo que funciona con un control automático ideal para los mismos, en el caso del Gritz fino se envasa en sacos de 25 kg, mientras que la Sémola se envasa en sacos de 50 kg. Cada saco consta de especificaciones de la materia prima necesarias para que puedan ser identificadas y con sus respectivos sellos de calidad.

3.2.3.12. Almacenamiento y distribución

Finalmente, los productos elaborados son almacenado en una bodega de gran capacidad, para que sea de más fácil acceso al momento de su distribución hacia los compradores de otras empresas que necesitan dichos productos como materias primas para productos más elaborados.

3.2.4. Flujograma del proceso de elaboración del gritz fino y sémola

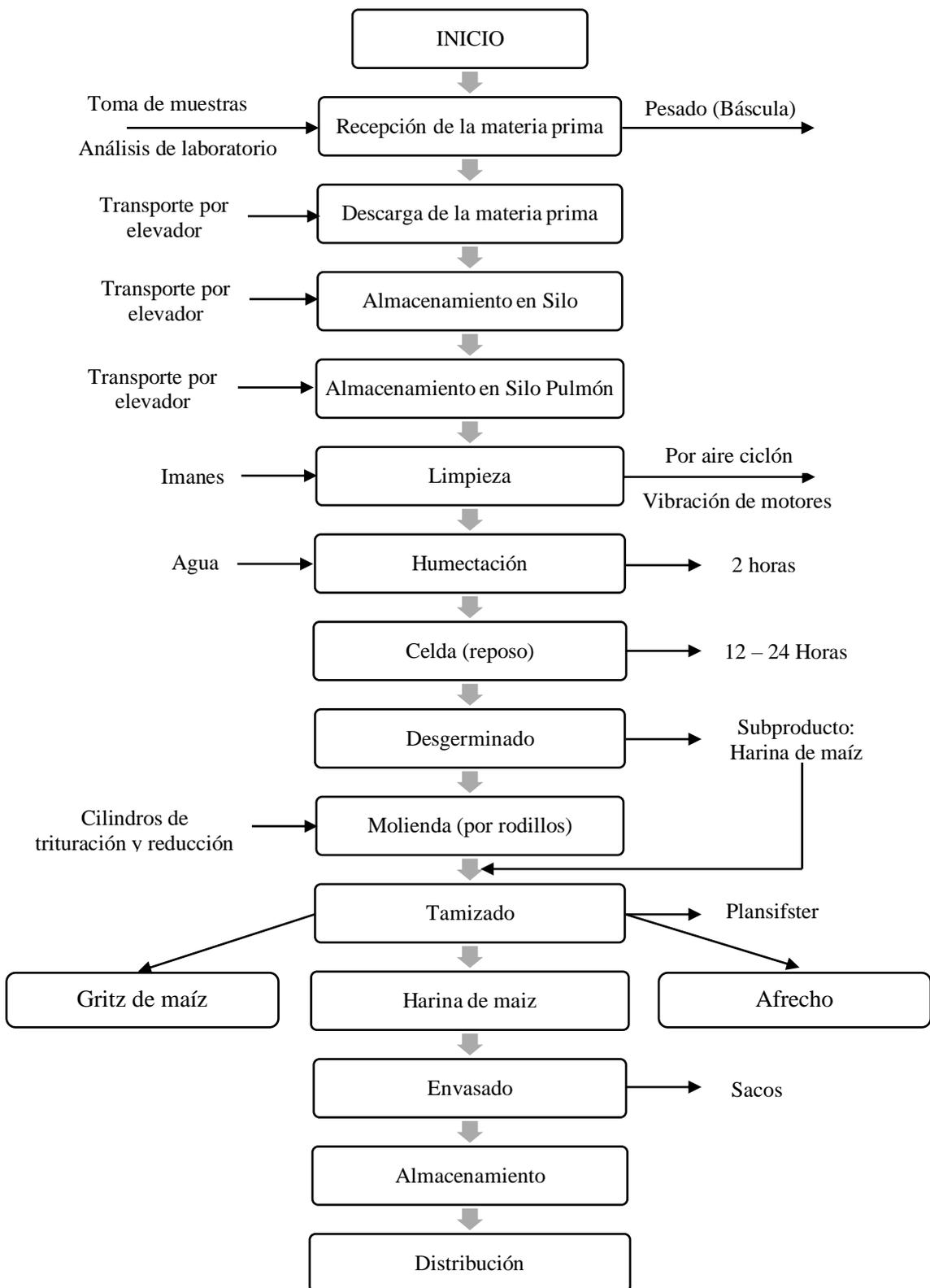


Ilustración 2-3: Diagrama de flujo de la línea de producción

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

3.3. Cálculos de Ingeniería y dimensionamiento del proceso

3.3.1. Cálculo del volumen del Silo

Se establece una capacidad de almacenamiento del Silo de 60 toneladas de acero galvanizado con base de hormigón por requerimiento de la empresa.

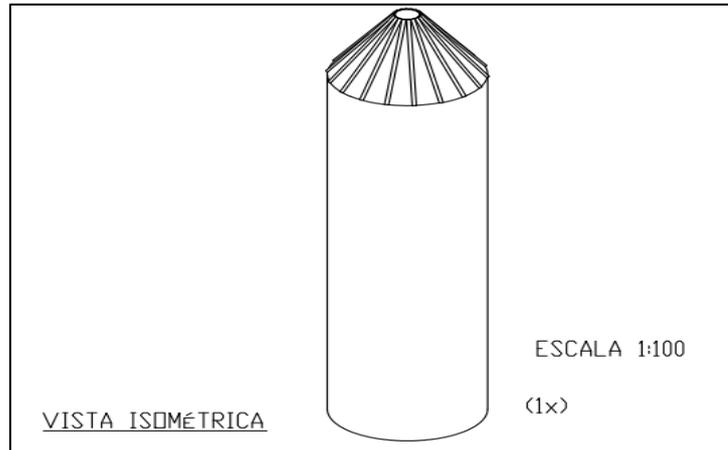


Ilustración 3-3: Silo de almacenamiento con base de hormigón

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Según la capacidad y el tipo de silo, podemos extraer los siguientes datos:

Altura del silo total: 11250 mm (11,25 m)

Altura del techo: 1,70 m

Diámetro del silo: 2550 mm (2,55 m)

$$V_{cilindro} = \pi \times r^2 \times h$$

$$V_{cilindro} = \pi \times (1,275 \text{ m})^2 \times (9,55 \text{ m})$$

$$V_{cilindro} = 48,772 \text{ m}^3$$

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi \times r^2 \times h$$

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi \times (1,275 \text{ m})^2 \times (1,70 \text{ m})$$

$$V_{cono} = 2,894 \text{ m}^3$$

$$V_{total \text{ del silo}} = V_{cilindro} + V_{cono}$$

$$V_{total\ del\ silo} = (48,772 + 2,894)m^3$$

$$V_{total\ del\ silo} = 51,666\ m^3$$

3.3.2. Cálculo del volumen del silo pulmón

Se establece una capacidad de almacenamiento del Silo Pulmón de 8 toneladas de acero galvanizado, por requerimiento de la empresa.

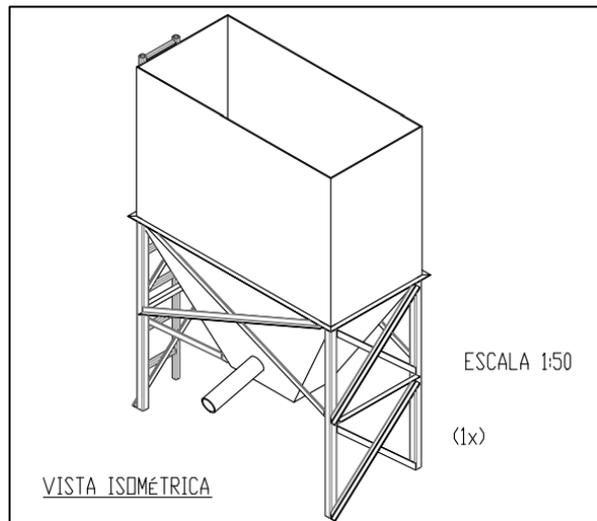


Ilustración 4-3: Silo pulmón

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Para calcular las dimensiones del silo pulmón, dividimos en partes dicho equipo, en una rectangular y un prisma triangular, por lo tanto, se calcula el volumen de acuerdo a estas dos figuras geométricas. Los datos obtenidos de medidas del Silo Pulmón son los siguientes:

Volumen del prisma rectangular:

Altura (H): 3,10 m

Ancho (W): 1,09 m

Largo (L): 2,32 m

$$V_{prisma\ rectangular} = H \times W \times L$$

$$V_{prisma\ rectangular} = (3,10) \times (1,09) \times (2,32) = 7,839\ m^3$$

Volumen de la pirámide de base rectangular

Área de la Base:

$$A_{base} = W \times L$$

$$A_{base} = (1,09) \times (2,32) = 2,529 \text{ m}^2$$

Altura de la pirámide de base rectangular: 1,35 m

$$V_{pirámide} = \frac{1}{3} A_{base} h$$

$$V_{pirámide} = \frac{1}{3} (2,53 \text{ m}^2)(1,35 \text{ m}) = 1,138 \text{ m}^3$$

Entonces el volumen del silo pulmón es:

$$V_{Silo pulmón} = V_{prisma rectangular} + V_{pirámide}$$

$$V_{Silo pulmón} = 7,839 \text{ m}^3 + 1,138 \text{ m}^3$$

$$V_{Silo pulmón} = 8,977 \text{ m}^3$$

3.3.3. Cálculos para la operación de limpieza por aire ciclón

3.3.3.1. Cálculo de la velocidad de ingreso de la partícula al ciclón

Este cálculo se relaciona con la velocidad equivalente, hace referencia a la velocidad en el que las partículas, como los granos de maíz ingresan al ciclón, la corriente de gas que va a transportar las partículas livianas (plumilla o tierra) corresponde al aire, hay que tomar en cuenta factores importantes, como viscosidad del gas, densidad del material particulado y también se va a trabajar a temperatura ambiente de Riobamba que varía de 8 a 19 grados centígrados. En base a esto se obtiene los siguientes datos y cálculos:

$$\rho = \text{densidad del aire } 1,110 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu = \text{viscosidad estática del aire } 1,94 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$$

$$W = \sqrt[3]{\frac{4 \times g \times \mu \times (\rho_p - \rho)}{3 \times \rho^2}}$$

Donde:

$$W = \text{velocidad equivalente } \frac{m}{s}$$

$g = \text{aceleración de la gravedad en } m/s$

$\rho_p = \text{densidad del maíz en grano (Zea Mays L) en } kg/m^3$

La densidad del maíz en grano varía de $700 - 820 \text{ kg/m}^3$, por lo tanto, se toma un valor promedio entre los dos para tener el dato de la densidad del maíz (*Zea Mays L*).

$$W = \sqrt[3]{\frac{4 \times \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right) \times \left(1,94 \times 10^{-5} \frac{kg}{ms}\right) \times \left(\left(760 \frac{kg}{m^3}\right) - \left(1,110 \frac{kg}{m^3}\right)\right)}{3 \times \left(1,110 \frac{kg}{m^3}\right)^2}}$$

$$W = 0,54 \frac{m}{s}$$

3.3.3.2. Determinación de la presión de ingreso del aire al ciclón

La presión adecuada a la cual tiene que ingresar el aire por la boquilla es de 150 Psi , esta presión es ideal para que la limpieza mediante aire ciclón sea más eficiente y no dañe la materia prima, lo que se pretende en esta parte del proceso es eliminar las impurezas más livianas, para así continuar la limpieza mediante vibración de motores.

3.3.3.3. Cálculo del equipo de residuos por parte del ciclón

Los residuos expulsados por aire ciclón van dirigidos a un equipo que se encuentra en los exteriores del proceso, donde se almacenarán para su posterior eliminación, esto proporciona seguridad ya que no estarán cerca de la línea de producción, a continuación, se calcula el volumen del equipo de ciclón:

Volumen del prisma rectangular

L , es el largo del equipo y se tiene $1,66 \text{ m}$

W , es el ancho del equipo y se tiene $1,25 \text{ m}$

H, es la altura del equipo y se tiene 1,30 m

$$V_{Prisma\ Rectangular} = L \times W \times H$$

$$V_{Prisma\ Rectangular} = (1,66) \times (1,25) \times (1,30) = 2,698\ m^3$$

Volumen de la pirámide de base rectangular

Área de la Base:

$$A_{base} = W \times L$$

$$A_{base} = (1,25) \times (1,66) = 2,075\ m^2$$

Altura de la pirámide de base rectangular: 2 m

$$V_{Pirámide} = \frac{1}{3} A_{base} h$$

$$V_{Pirámide} = \frac{1}{3} (2,075\ m^2)(2\ m) = 1,383\ m^3$$

Entonces el volumen del equipo de residuos por parte del ciclón es:

$$V_{ERC} = V_{Prisma\ Rectangular} + V_{Pirámide}$$

$$V_{ERC} = 2,698\ m^3 + 1,383\ m^3$$

$$V_{ERC} = 4,081\ m^3$$

De acuerdo a las especificaciones y lugar donde estará el equipo se necesita una base de apoyo cuyas dimensiones se detallan a continuación:

$$Altura\ (H) = 2,80\ m$$

$$Ancho\ (W) = 1,26\ m$$

$$Largo\ (L) = 1,67\ m$$

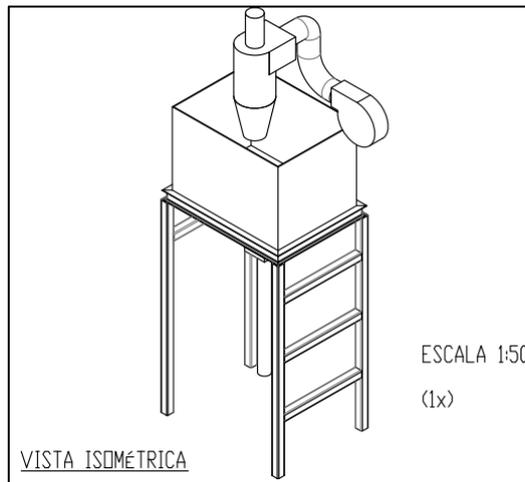


Ilustración 5-3: Equipo para residuos del ciclón

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

3.3.4. *Parámetros para la limpieza por vibración de motores*

Por recomendación, se implementará una limpieza por vibración de motores que acompaña a la limpieza por aire ciclón dentro del mismo equipo, donde se tiene dos motores con una potencia de 2 HP, y mediante un análisis de la máquina, para que funcione de la mejor manera de acuerdo al diámetro de la partícula y continuar con el proceso, se recomienda que la estructura dentro de sus materiales, tenga un número de malla de 7 a 8 mm.

3.3.4.1. *Cálculo del volumen del equipo de la limpieza*

Es importante tener en cuenta el volumen del equipo que consta de la limpieza del maíz tanto por ciclón como por vibración de motores, para una correcta distribución de planta, por lo tanto, se calcula de la siguiente manera:

L, es el lado del equipo y se tiene 1300 mm (1,3 m)

W, es el ancho del equipo y se tiene 1400 mm (1,4 m)

H, es la altura del equipo y se tiene 2100 mm (2,10 m)

$$V_p = L \times W \times H$$

$$V_p = (1,3) \times (1,4) \times (2,10) = 3,822 \text{ m}^3$$

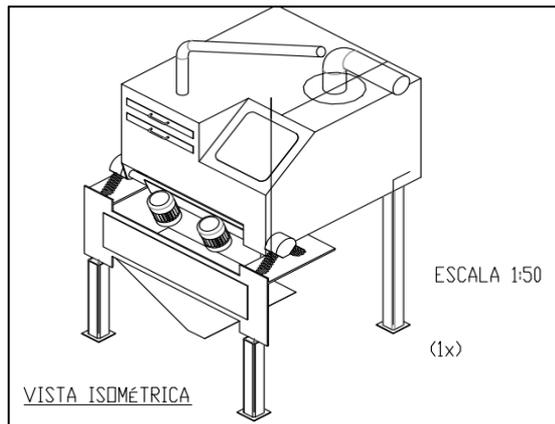


Ilustración 6-3: Equipo de limpieza

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

3.3.5. *Parámetros importantes dentro de la operación de la humectación*

3.3.5.1. *Determinación de la capacidad y material del reservorio de agua*

El tanque de almacenamiento que se usará para el acopio de agua, es de capacidad de 5000 *litros*, una capacidad considerable, debido a la cantidad de humectación que pasa por lote a producir durante una jornada de trabajo, está fabricado con polietileno de alta densidad, que lo convierte en una opción ideal para el almacenamiento de agua, alimentos y compuestos químicos. Estos recipientes son especialmente beneficiosos debido a su capacidad para no afectar el color, aroma ni sabor, del líquido almacenado, además, no sufren oxidación ni corrosión, y no requieren de mantenimiento.

3.3.5.2. *Cálculo de la velocidad de ingreso del agua por aspersión*

Para este parámetro es importante tener en cuenta el caudal máximo que pasa por la tubería, que va conectada al equipo de humectación, donde entrará la materia prima para ser humectada.

$$\text{Caudal máximo de ingreso de agua} = 1,8 \text{ l/min} \rightarrow 3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Tubería} = 3/4''$$

Mediante tablas según las pulgadas de la tubería y material, en este caso, es de acero inoxidable tenemos como diámetro exterior el siguiente dato:

$$\text{Diámetro exterior de la tubería} = 26,7 \text{ mm} \rightarrow 0,0267 \text{ m}$$

La longitud de la tubería desde el almacenamiento del agua hasta la unión con el tornillo sin fin en donde funciona la humectación es la siguiente:

$$\text{Longitud} = 50 \text{ m}$$

Para poder encontrar la velocidad de aspersión mediante los datos obtenidos, se calcula primero el área de superficie de la tubería teniendo así:

$$S = \pi \times d \times L$$

$$S = \pi \times (0,0267 \text{ m}) \times (50 \text{ m}) = 4,194 \text{ m}^2$$

Ahora se puede calcular la velocidad de la aspersión mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \text{Área de superficie } (S) \times \text{Velocidad } (v)$$

$$v = \frac{Q}{S}$$

$$v = \frac{3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{4,19 \text{ m}^2} = 7,16 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

3.3.5.3. Cálculo del volumen del equipo de humectación

El equipo de humectación es importante durante el proceso de la obtención de los productos finales, es indispensable tener en cuenta sus dimensiones de acuerdo a la estructura interna, que consta de un tornillo sin fin, que ayudará a mejorar la humectación de manera uniforme de la materia prima, el volumen del equipo es importante para una correcta distribución en planta, por lo tanto, se calcula de la siguiente manera:

L, es el lado del equipo y se tiene 2250,51 mm (2,225051 m)

W, es el ancho del equipo y se tiene 300,07 mm (0,30007 m)

H, es la altura del equipo y se tiene 363,83 mm (3,6383 m)

$$V_{EH} = L \times W \times H$$

$$V_{EH} = (2,225051) \times (0,30007) \times (3,6383) = 0,246 \text{ m}^3$$

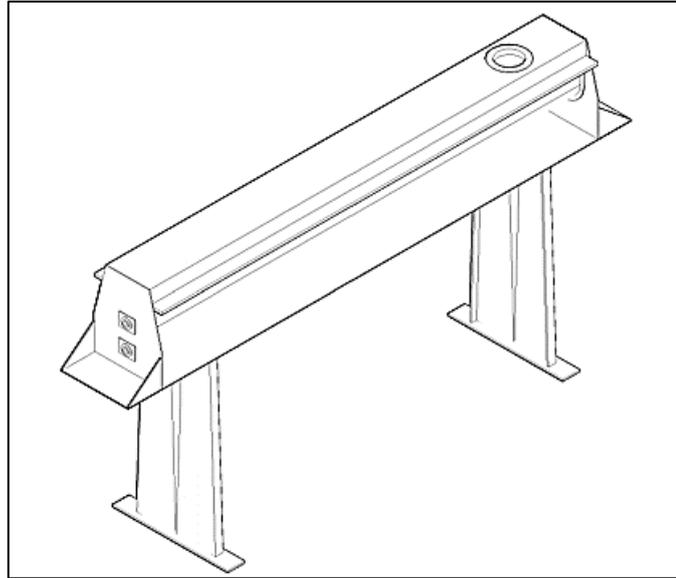


Ilustración 7-3: Equipo de Humectación

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

3.3.6. *Diseño de los tornillos sin fin para el transporte de sólidos*

Durante el diseño del proceso para la elaboración del griz fino y sémola, se utilizará 4 tornillos sin fin que son colocados para el transporte de la materia prima hasta las operaciones unitarias involucradas en la línea de producción, con el fin de que el proceso sea más eficiente y mejore su rendimiento, por lo tanto, se va a calcular los parámetros más importantes de cada tornillo sin fin utilizado como transporte de sólidos:

Como primer parámetro se tiene el área de relleno del canalón (S), esta es el área que ocupa el material que mueve el transportador y se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$S = \lambda \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde,

S , es el área de relleno (m^2)

D , diámetro del canalón (m)

λ , coeficiente de relleno

El coeficiente de relleno, con base a lo experimental, debe ser inferior a uno, dado que esto evitará que el material se atasque, lo que podría complicar su flujo adecuado durante el proceso de transporte mediante el tornillo sin fin (Rodríguez, 2016).

Tabla 7-3: Valores del coeficiente de relleno según el tipo de carga

Tipo de carga	Coefficiente de relleno, λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Fuente: (Rodríguez, 2016)

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Para poder escoger el mejor coeficiente de relleno, este dependerá del tipo de carga que transporta el tornillo sin fin, en este caso, nuestra materia prima es de tipo pesada y poco abrasiva por lo tanto se tiene un coeficiente de relleno de 0,25 dato que será utilizado en todos los cálculos de los tornillos sin fin del proceso.

Como segundo parámetro es la velocidad de desplazamiento del transportador (v), esta velocidad es con la que se desplaza el material en dirección longitudinal según al eje del tornillo sin fin (Rodríguez, 2016), para esto se puede calcular de la siguiente forma:

$$v = \frac{p \times n}{60}$$

Donde,

v , es la velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)

p , es el paso del tornillo (m)

n , es la velocidad de giro según el eje del tornillo (r.p.m)

Como tercer parámetro en el transporte por tornillo sin fin, es la determinación del flujo de material, también conocido como la capacidad de transporte y viene dada por la siguiente ecuación:

$$Q = 3600 S \times v \times \rho \times i$$

Donde,

Q , es el flujo de material transportado (ton/h)

S , es el área de relleno (m²)

v , es la velocidad de desplazamiento del transportador (m/s)

ρ , densidad del material a transportar (760 kg/m³) (0,84 ton/m³)

i , grado de inclinación del transportador

El grado de inclinación del transportador, se lo puede encontrar en tablas y va de acuerdo al diseño e implementación en la línea del proceso.

Tabla 8-3: Grado de inclinación del transportador

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
I	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Fuente: (Rodríguez, 2016)

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Para obtener datos claros y precisos, se tiene la siguiente tabla que consta de datos importantes en base a la capacidad de transporte de sólidos por un tornillo sin fin de tipo comercial:

Tabla 9-3: Capacidad de transporte de un tornillo sin fin

∅ del tornillo (mm)	160	200	250	315	400	500	630	800
Paso d hélice (mm)	160	200	250	300	355	400	450	500
Velocidad normal (r.p.m)	70	65	60	55	50	45	40	35
Capacidad en horizontal al 100% (m^3/h)	14	26	45	78	130	217	342	525

Fuente: (Rodríguez, 2016)

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Como último parámetro importante dentro del transporte de sólidos mediante un tornillo sin fin, es determinar la potencia de accionamiento, el cual se compone de la suma de tres condiciones importantes, como se muestra a continuación:

$$P = P_H + P_N + P_i$$

Donde,

P_H , es la potencia ejercida para el desplazamiento horizontal de la materia prima

P_N , es la potencia ejercida para el impulso del tornillo en condiciones de vacío

P_i , es la potencia ejercida para el caso de un tornillo sin fin inclinado

Como primer parámetro necesario para la potencia de accionamiento, es la potencia para el desplazamiento horizontal de la materia prima, el cual se determina de la siguiente manera:

$$P_H(KW) = C_0 \times \frac{Q \times L}{367}$$

Donde,

Q , es el flujo de material transportado (ton/h)

L , es la longitud del transportador (m)

C_0 , es el coeficiente de resistencia del material transportado

Para determinar el valor del coeficiente de resistencia del material transportado, se busca datos aproximados de manera empírica en tablas, donde se escoge este coeficiente según el tipo de material.

Tabla 10-3: Valores del coeficiente de resistencia del material transportado

Tipo de material	Valor de C_0
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Fuente: (Rodríguez, 2016)

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Para los tornillos sin fin involucrados en la línea del proceso, el tipo de material según la materia prima, es de tipo harina, serrín, productos granulosos, por lo tanto, se usará el valor de 1,2 para el coeficiente de resistencia del material transportado.

Como segundo parámetro, es necesario determinar la potencia ejercida para el impulso del tornillo en carácter de vacío, que se puede calcular de la siguiente manera:

$$P_N(KW) = \frac{D \times L}{20}$$

Donde,

D , diámetro del canalón (m)

L , es la longitud del transportador (m)

Para el último parámetro, se determina la potencia ejercida para el caso de un tornillo sin fin inclinado, donde va a existir una diferencia de cota (H) que se da entre la posición de la boca de entrada y la boca de salida (Rodríguez, 2016), entonces, bajo estos parámetros se calcula de la siguiente manera:

$$P_i(KW) = \frac{Q \times H}{367}$$

Donde,

Q , es el flujo de material transportado (ton/h)

H, es la altura del transportador del tornillo sin fin en instalación (m)

Ya con estos datos calculados, se puede obtener la potencia de accionamiento necesaria para el modelo del transportador de tornillo sin fin calculado.

$$P = P_H + P_N + P_i$$

3.3.6.1. Diseño del tornillo sin fin del Silo al elevador del Silo Pulmón

El transporte de la materia prima desde el Silo de almacenamiento hasta el Silo pulmón, utiliza un tornillo sin fin con el objetivo de no dañar la materia prima y hacerlo de la manera más eficiente posible, es por eso que a continuación se muestra el diseño de este tornillo sin fin según los parámetros vistos y considerados importantes:

Como primer punto se tiene el área de relleno del canalón (*S*) y de acuerdo a los datos del primer tornillo sin fin, se calcula de la siguiente manera:

D, diámetro del canalón (0,30 m)

λ, coeficiente de relleno (0,25)

$$S = \lambda \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$S = 0,25 \times \frac{\pi \times (0,30)^2}{4} = 0,0177 \text{ m}^2$$

Como segundo punto se tiene la velocidad de desplazamiento del transportador (*v*) y de acuerdo a los datos del primer tornillo sin fin, se calcula de la siguiente manera:

Para el paso del tornillo o paso de hélice, tenemos en cuenta que el diámetro del canalón es de 0,30 m, por lo tanto, el diámetro del tornillo debe ser menor al diámetro del canalón, es por eso que según la Tabla 9-3, tomamos como dato de 250 mm de diámetro del tornillo, entonces según esta dimensión, tenemos un paso de hélice de 250 mm y una velocidad normal de 60 rpm.

p, es el paso del tornillo (0,25 m)

n, es la velocidad de giro según el eje del tornillo (60 rpm)

$$v = \frac{p \times n}{60}$$

$$v = \frac{(0,25) \times (60)}{60} = 0,25 \text{ m/s}$$

Como tercer punto se tiene la capacidad de transporte (Q) y de acuerdo a los datos obtenidos del primer tornillo sin fin, se calcula de la siguiente manera:

S, es el área de relleno (0,0177 m²)

v, es la velocidad de desplazamiento del transportador (0,25 m/s)

ρ, densidad del material a transportar (760 kg/m³) (0,84 ton/m³)

i, grado de inclinación del transportador

El grado de inclinación del transportador es de 1 ya que el tornillo sin fin será instalado de manera horizontal formando 0° de inclinación.

$$Q = 3600 S \times v \times \rho \times i$$

$$Q = 3600 (0,0177) \times (0,25) \times (0,84) \times (1) = 13,3812 \text{ ton/h}$$

Como último punto se tiene la potencia de accionamiento del tornillo sin fin, por lo tanto, con los datos obtenidos durante el diseño, se calcula de la siguiente manera:

Primero se calcula la potencia ejercida para el desplazamiento horizontal de la materia prima:

Q, es el flujo de material transportado (13,3812 ton/h)

L, es la longitud del transportador (0,94 m)

C₀, es el coeficiente de resistencia del material transportado

$$P_H(KW) = C_0 \times \frac{Q \times L}{367}$$

$$P_H(KW) = (1,2) \times \frac{(13,3812) \times (0,94)}{367} = 0,0411 \text{ KW}$$

Segundo se calcula la potencia ejercida para el impulso del tornillo en condiciones de vacío:

D, diámetro del canalón (0,30 m)

L , es la longitud del transportador (0,94 m)

$$P_N(KW) = \frac{D \times L}{20}$$

$$P_N(KW) = \frac{(0,30) \times (0,94)}{20} = 0,0141 \text{ KW}$$

El último dato es la potencia ejercida para el caso de un tornillo sin fin inclinado, en este caso, el tornillo sin fin no tiene inclinación, por lo tanto, no es necesario tomarlo en cuenta.

Entonces, para la potencia de accionamiento del tornillo sin fin se calcula de la siguiente manera:

$$P = P_H + P_N + P_i$$

$$P = (0,0411) + (0,0141) + (0) = 0,0552 \text{ KW}$$

3.3.6.2. Diseño del tornillo sin fin que va desde el Silo Pulmón a la carga para la limpieza

El transporte de la materia prima desde el Silo Pulmón hasta donde sucede la carga para la limpieza de la materia prima, utiliza un tornillo sin fin con el objetivo de no dañar la materia prima y hacerlo de la manera más eficiente posible, es por eso que a continuación se muestra el diseño de este tornillo sin fin según los parámetros vistos y considerados importantes:

Como primer punto se tiene el área de relleno del canalón (S) y de acuerdo a los datos del primer tornillo sin fin, se calcula de la siguiente manera:

D , diámetro del canalón (0,25 m)

λ , coeficiente de relleno (0,25)

$$S = \lambda \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$S = 0,25 \times \frac{\pi \times (0,25)^2}{4} = 0,0123 \text{ m}^2$$

Como segundo punto se tiene la velocidad de desplazamiento del transportador (v) y de acuerdo a los datos del primer tornillo sin fin, se calcula de la siguiente manera:

Para el paso del tornillo o paso de hélice, tenemos en cuenta que el diámetro del canalón es de 0,25 m, por lo tanto, el diámetro del tornillo debe ser menor al diámetro del canalón, es por eso

que según la Tabla 9-3, tomamos como dato de 200 mm de diámetro del tornillo, entonces según esta dimensión, tenemos un paso de hélice de 200 mm y una velocidad normal de 65 rpm.

p , es el paso del tornillo (0,20 m)

n , es la velocidad de giro según el eje del tornillo (70 rpm)

$$v = \frac{p \times n}{60}$$

$$v = \frac{(0,20) \times (65)}{60} = 0,2167 \text{ m/s}$$

Como tercer punto se tiene la capacidad de transporte (Q) y de acuerdo a los datos obtenidos del primer tornillo sin fin, se calcula de la siguiente manera:

S , es el área de relleno (0,0123 m²)

v , es la velocidad de desplazamiento del transportador (0,2167 m/s)

ρ , densidad del material a transportar (760 kg/m³) (0,84 ton/m³)

i , grado de inclinación del transportador

El grado de inclinación del transportador es de 0,6 ya que el tornillo sin fin será instalado de manera que forma un ángulo de inclinación de 20°.

$$Q = 3600 S \times v \times \rho \times i$$

$$Q = 3600 (0,0123) \times (0,2167) \times (0,84) \times (0,6) = 4,836 \text{ ton/h}$$

Como último punto se tiene la potencia de accionamiento del tornillo sin fin, por lo tanto, con los datos obtenidos durante el diseño, se calcula de la siguiente manera:

Primero se calcula la potencia ejercida para el desplazamiento horizontal de la materia prima:

Q , es el flujo de material transportado (4,836 ton/h)

L , es la longitud del transportador (3,414 m)

C_0 , es el coeficiente de resistencia del material transportado

$$P_H(KW) = C_0 \times \frac{Q \times L}{367}$$

$$P_H(KW) = (1,2) \times \frac{(4,836) \times (3,414)}{367} = 0,0540 KW$$

Segundo se calcula la potencia ejercida para el impulso del tornillo en condiciones de vacío:

D, diámetro del canalón (0,25 m)

L, es la longitud del transportador (3,414 m)

$$P_N(KW) = \frac{D \times L}{20}$$

$$P_N(KW) = \frac{(0,25) \times (3,414)}{20} = 0,04268 KW$$

El último dato es la potencia ejercida para el caso de un tornillo sin fin inclinado, en este caso, el tornillo sin fin si tiene inclinación, es decir va a existir una diferencia de cota (H), por lo tanto, se calcula de la siguiente manera:

Q, es el flujo de material transportado (4,836 ton/h)

H, es la altura del transportador del tornillo sin fin en instalación (1,243 m)

$$P_i(KW) = \frac{Q \times H}{367}$$

$$P_i(KW) = \frac{(4,836) \times (1,243)}{367} = 0,0164 KW$$

Entonces, para la potencia de accionamiento del tornillo sin fin se calcula de la siguiente manera:

$$P = P_H + P_N + P_i$$

$$P = (0,0540) + (0,04268) + (0,0164) = 0,1131 KW$$

3.3.6.3. Diseño del tornillo sin fin dentro de la humectación

Dentro de la operación de la humectación, es necesario un tornillo sin fin, para mejorar la eficiencia de la humectación, ya que mientras va siendo transportado la materia prima por el tornillo sin fin hasta la celda de reposo, se inyecta agua, a continuación, se muestra el diseño de este tornillo sin fin según los parámetros vistos y considerados importantes:

Como primer punto se tiene el área de relleno del canalón (S) y de acuerdo a los datos del tornillo sin fin, se calcula de la siguiente manera:

D , diámetro del canalón (0,18 m)

λ , coeficiente de relleno (0,25)

$$S = \lambda \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$S = 0,25 \times \frac{\pi \times (0,18)^2}{4} = 6,36 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Como segundo punto se tiene la velocidad de desplazamiento del transportador (v) y se calcula de la siguiente manera:

Según (Rodríguez, 2016), el diámetro del tornillo será 4 veces mayor que el mayor diámetro de los pedazos a transportar, en este caso, el maíz (*Zea Mays L*) en grano, y el paso del tornillo suele estar comprendida entre 0,5 y 1 veces la medida del diámetro del tornillo, por lo tanto, el grano tiene un diámetro de 13,44 mm, entonces se tiene un diámetro del tornillo de 53,76 mm, además, el paso del tornillo será la misma medida del diámetro del tornillo.

Según (Rodríguez, 2016), para obtener el dato de la velocidad de giro según el eje del tornillo en revoluciones por minuto, se considera, que la materia prima a transportar por el tornillo sin fin, es un material pesado, por lo tanto, la velocidad de giro según el eje del tornillo es de 50 rpm.

p , es el paso del tornillo (0,05376 m)

n , es la velocidad de giro según el eje del tornillo (50 rpm)

$$v = \frac{p \times n}{60}$$

$$v = \frac{(0,05376) \times (50)}{60} = 0,0448 \text{ m/s}$$

Como tercer punto se tiene la capacidad de transporte (Q) y se calcula de la siguiente manera:

S , es el área de relleno ($6,36 \times 10^{-3} \text{ m}^2$)

v , es la velocidad de desplazamiento del transportador (0,0448 m/s)

ρ , densidad del material a transportar (760 kg/m^3) (0,84 ton/m³)

i, grado de inclinación del transportador

El grado de inclinación del transportador es de 1 ya que el tornillo sin fin será instalado de manera horizontal formando 0° de inclinación.

$$Q = 3600 S \times v \times \rho \times i$$

$$Q = 3600 (6,36 \times 10^{-3}) \times (0,0448) \times (0,84) \times (1) = 0,862 \text{ ton/h}$$

Como último punto se tiene la potencia de accionamiento del tornillo sin fin, por lo tanto, con los datos obtenidos durante el diseño, se calcula de la siguiente manera:

Primero se calcula la potencia ejercida para el desplazamiento horizontal de la materia prima:

Q, es el flujo de material transportado (0,862 ton/h)

L, es la longitud del transportador (1,95 m)

C₀, es el coeficiente de resistencia del material transportado

$$P_H(KW) = C_0 \times \frac{Q \times L}{367}$$

$$P_H(KW) = (1,2) \times \frac{(0,862) \times (1,95)}{367} = 5,50 \times 10^{-3} KW$$

Segundo se calcula la potencia ejercida para el impulso del tornillo en condiciones de vacío:

D, diámetro del canalón (0,18 m)

L, es la longitud del transportador (1,95 m)

$$P_N(KW) = \frac{D \times L}{20}$$

$$P_N(KW) = \frac{(0,18) \times (1,95)}{20} = 0,01755 KW$$

El último dato es la potencia ejercida para el caso de un tornillo sin fin inclinado, en este caso, el tornillo sin fin no tiene inclinación, por lo tanto, no es necesario tomarlo en cuenta.

Entonces, para la potencia de accionamiento del tornillo sin fin se calcula de la siguiente manera:

$$P = P_H + P_N + P_i$$

$$P = (5,50 \times 10^{-3} KW) + (0,01755 KW) + (0) = 0,02305 KW$$

3.3.6.4. Diseño del tornillo sin fin de la celda reposo al desgerminador

El transporte de la materia prima desde la celda de reposo hasta el desgerminador utiliza un tornillo sin fin con el objetivo hacer más eficiente este transporte durante este proceso, es por eso que a continuación se muestra el diseño de este tornillo sin fin según los parámetros vistos y considerados importantes:

Como primer punto se tiene el área de relleno del canalón (S) y de acuerdo a los datos del tornillo sin fin, se calcula de la siguiente manera:

D , diámetro del canalón (0,18 m)

λ , coeficiente de relleno (0,25)

$$S = \lambda \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$S = 0,25 \times \frac{\pi \times (0,18)^2}{4} = 6,36 \times 10^{-3} m^2$$

Como segundo punto se tiene la velocidad de desplazamiento del transportador (v) y se calcula de la siguiente manera:

Según (Rodríguez, 2016), el diámetro del tornillo será 4 veces mayor que el mayor diámetro de los pedazos a transportar, en este caso, el maíz (*Zea Mays L*) en grano, y el paso del tornillo suele estar comprendida entre 0,5 y 1 veces la medida del diámetro del tornillo, por lo tanto, el grano tiene un diámetro de 13,44 mm, entonces se tiene un diámetro del tornillo de 53,76 mm, además, el paso del tornillo será la misma medida del diámetro del tornillo.

Según (Rodríguez, 2016), para obtener el dato de la velocidad de giro según el eje del tornillo en revoluciones por minuto, se considera, que la materia prima a transportar por el tornillo sin fin, es un material pesado, por lo tanto, la velocidad de giro según el eje del tornillo es de 50 rpm.

p , es el paso del tornillo (0,05376 m)

n , es la velocidad de giro según el eje del tornillo (50 rpm)

$$v = \frac{p \times n}{60}$$

$$v = \frac{(0,05376) \times (50)}{60} = 0,0448 \text{ m/s}$$

Como tercer punto se tiene la capacidad de transporte (Q) y se calcula de la siguiente manera:

S , es el área de relleno ($6,36 \times 10^{-3} \text{ m}^2$)

v , es la velocidad de desplazamiento del transportador ($0,0448 \text{ m/s}$)

ρ , densidad del material a transportar (760 kg/m^3) ($0,84 \text{ ton/m}^3$)

i , grado de inclinación del transportador

El grado de inclinación del transportador es de 1 ya que el tornillo sin fin será instalado de manera horizontal formando 0° de inclinación

$$Q = 3600 S \times v \times \rho \times i$$

$$Q = 3600 (6,36 \times 10^{-3}) \times (0,0448) \times (0,84) \times (1) = 0,862 \text{ ton/h}$$

Como último punto se tiene la potencia de accionamiento del tornillo sin fin, por lo tanto, con los datos obtenidos durante el diseño, se calcula de la siguiente manera:

Primero se calcula la potencia ejercida para el desplazamiento horizontal de la materia prima:

Q , es el flujo de material transportado ($0,862 \text{ ton/h}$)

L , es la longitud del transportador ($2,20 \text{ m}$)

C_0 , es el coeficiente de resistencia del material transportado

$$P_H(KW) = C_0 \times \frac{Q \times L}{367}$$

$$P_H(KW) = (1,2) \times \frac{(0,862) \times (2,20)}{367} = 6,201 \times 10^{-3} KW$$

Segundo se calcula la potencia ejercida para el impulso del tornillo en condiciones de vacío:

D , diámetro del canalón ($0,18 \text{ m}$)

L , es la longitud del transportador ($2,20 \text{ m}$)

$$P_N(KW) = \frac{D \times L}{20}$$

$$P_N(KW) = \frac{(0,18) \times (2,20)}{20} = 0,0198 KW$$

El último dato es la potencia ejercida para el caso de un tornillo sin fin inclinado, en este caso, el tornillo sin fin no tiene inclinación, por lo tanto, no es necesario tomarlo en cuenta.

Entonces, para la potencia de accionamiento del tornillo sin fin se calcula de la siguiente manera:

$$P = P_H + P_N + P_i$$

$$P = (6,201 \times 10^{-3} KW) + (0,0198 KW) + (0) = 0,026001 KW$$

3.3.7. Cálculo del volumen de la celda de reposo

Las celdas donde reposa el maíz, son de forma cónica, por lo tanto, el volumen de dichas celdas, teniendo en cuenta que su almacenamiento máximo es de 8 toneladas, se puede calcular de la siguiente manera:

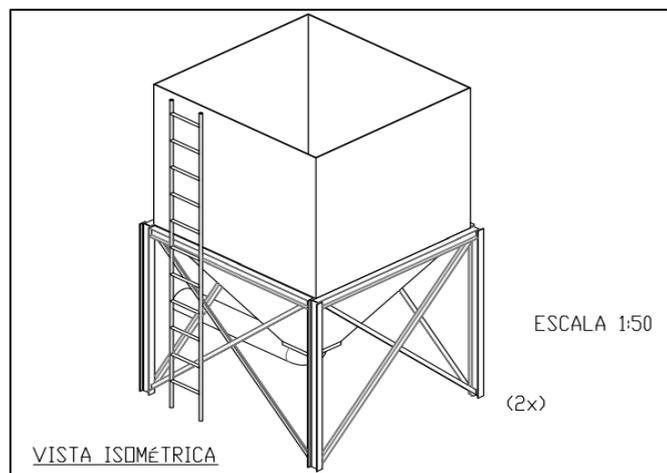


Ilustración 8-3: Celda de reposo o almacenamiento

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Para calcular las dimensiones de la celda de reposo y almacenamiento, dividimos en partes dicho equipo, en una rectangular y un prisma triangular, por lo tanto, se calcula el volumen de acuerdo a estas dos figuras geométricas:

Volumen de un prisma rectangular

Altura (H): 2,10 m

Ancho (W): 2,20 m

Largo (L): 2,29 m

Volumen del Prisma rectangular

$$V_{prisma\ rectangular} = H \times W \times L$$

$$V_{prisma\ rectangular} = (2,10) \times (2,20) \times (2,29) = 10,579\ m^3$$

Volumen de la Pirámide de base rectangular

Área de la Base:

$$A_{base} = W \times L$$

$$A_{base} = (2,20) \times (2,29) = 5,038\ m^2$$

Altura de la pirámide de base rectangular: 1,72 m

$$V_{pirámide} = \frac{1}{3} A_{base} h$$

$$V_{pirámide} = \frac{1}{3} (5,038\ m^2)(1,72\ m) = 2,888\ m^3$$

Entonces el volumen de la celda de reposo y almacenamiento es:

$$V_{celda} = V_{prisma} + V_{pirámide}$$

$$V_{celda} = 10,58\ m^3 + 2,89\ m^3$$

$$V_{celda} = 13,467\ m^3$$

3.3.8. Cálculo del volumen del desgerminador

Para el uso adecuado del desgerminador, se considera que es un equipo básico dentro de la producción de griz de maíz y sémola, este proceso de desgerminado funciona con un rodillo de acero inoxidable y cribas, dentro del mismo, ocurre un proceso de fricción donde va chocando el

rodillo y la criba para así pelar el maíz, por recomendación se usa un modelo de desgerminador con capacidad de 1 a 3 Ton/h, pero a la vez es importante tener en cuenta el volumen del equipo que se calcula de la siguiente manera:

$$V_{Desgerminador} = L \times W \times H$$

L, es el lado del equipo y se tiene 1935 mm (1,935 m)

W, es el ancho del equipo y se tiene 735 mm (0,735 m)

H, es la altura del equipo y se tiene 892 mm (0,892 m)

$$V_{Desgerminador} = (1,935) \times (0,735) \times (0,892)$$

$$V_{Desgerminador} = 1,269 \text{ m}^3$$

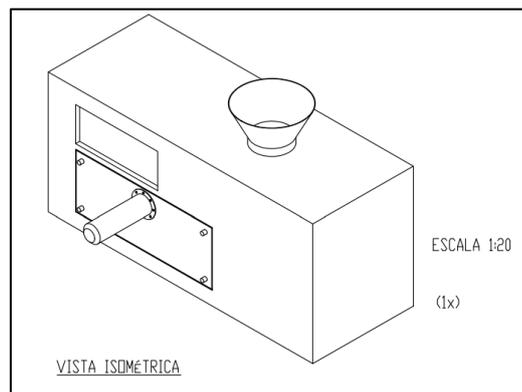


Ilustración 9-3: Desgerminador

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

3.3.9. Molienda mediante molino de rodillos

Para el diseño de la operación unitaria fundamental en la obtención de los productos, se necesitan ecuaciones de molienda según el tipo de molino, en este caso, se usará 4 molinos de 3 rodillos, para esto se tiene las siguientes ecuaciones:

3.3.9.1. Número recomendado de rodillos

Según el criterio para el uso apropiado de un molino de este tipo se requiere de 3 rodillos, esto se llega de acuerdo a la utilización de la empresa.

Los rodillos ubicados en los equipos de la molienda van formando un triángulo equilátero uno con respecto al otro, esto permite triturar el maíz de forma gradual, evitando una fricción desmesurada de la materia prima en el equipo.

3.3.9.2. Determinación del coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción trata de la oposición al movimiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto, es adimensional y cuando dos superficies están en contacto, el movimiento entre ellas genera fuerzas tangenciales, conocidas como fuerzas de fricción (Salas, 2012, p .30). Para la determinación del coeficiente de fricción, según (Salas, 2012, p .31) realizó varios experimentos entre el maíz amarillo y la fricción que tiene esta materia prima frente al acero inoxidable, por lo que se obtuvo los siguientes parámetros.

Tabla 11-3: Valores de coeficiente de fricción

Nº	X	Y	Ángulo θ	Coeficiente de fricción μ
1	438	190	23,45	0,4337
2	440	195	23,90	0,4431
3	435	192	23,81	0,4312
4	440	192	23,57	0,4360

Fuente: (Salas, 2012, p.31)

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

De los cuales, el valor ideal para el diseño de este tipo de molino, es de $\mu = 0,4360$.

3.3.9.3. Ángulo de la separación entre rodillos

Para que el equipo funcione de la mejor manera se debe tener un diámetro mínimo para que puedan impeler y triturar las partículas de la materia prima, y esto va en base a un ángulo de separación entre los rodillos, lo cual se sigue la siguiente ecuación:

$$A = 2 \times \tan^{-1} \mu$$

Donde,

A, es el ángulo de separación

μ , coeficiente de fricción

Para obtener un valor correcto como coeficiente de fricción, se debe tener en cuenta que partículas van a ser arrastradas por la fricción, en este caso, tenemos nuestra materia prima que es el maíz amarillo (*Zea Mays L*), según tablas el μ para este caso es de 0,4360, por lo tanto:

$$A = 2 \times \tan^{-1}(0,4360) = 47,114^\circ$$

3.3.9.4. Diámetro de los rodillos en el equipo

Los rodillos son muy importantes en una molienda de este tipo, ya que ayuda a tener un contacto directo con la materia prima que va a ser triturado, el diámetro de los rodillos para la molienda debe ser considerado dentro del diseño para poder usar de manera correcta la molienda, y se aplica de la siguiente manera:

$$Dr = \frac{D_t \times \cos\left(\frac{A}{2}\right) - D_f}{1 - \cos\left(\frac{A}{2}\right)}$$

Donde,

A , se considera como ángulo de separación (47,114 °)

D_t , diámetro medio de partículas adicionadas (13,44 mm)

D_f , diámetro medio de partículas finales (1,7 mm)

Dr , diámetro de los rodillos

Teniendo en cuenta las dimensiones promedias del grano de maíz que son su diámetro medio de las partículas finales de 1,7 mm y el diámetro medio de las partículas añadidas de 13,44 mm, reemplazando en la ecuación tenemos:

$$Dr = \frac{D_t \times \cos\left(\frac{A}{2}\right) - D_f}{1 - \cos\left(\frac{A}{2}\right)}$$
$$Dr = \frac{13,44 \times \cos\left(\frac{47,114}{2}\right) - 1,7}{1 - \cos\left(\frac{47,114}{2}\right)} = 128,00 \text{ mm}$$

Para el diseño correcto este valor se considera de 128 mm ya que es un valor aproximado final para objetivos constructivos.

3.3.9.5. Longitud de contacto entre rodillos

Es necesario establecer la longitud de contacto entre rodillos y la materia prima, en este caso, el maíz (*Zea Mays L*), por lo tanto, se utiliza la siguiente expresión:

$$l = \frac{D_r \times A}{4}$$

Donde,

l_c , es la longitud de arco de contacto entre la materia prima y el rodillo

D_r , es el diámetro del rodillo correspondiente (128 mm)

A , es el ángulo de contacto dado en unidades de radianes (0,823)

$$l_c = \frac{(128) \times (0,823)}{4} = 26,336 \text{ mm}$$

3.3.9.6. Longitud de los rodillos

La longitud de los rodillos por facilidad de diseño y disponibilidad de la empresa, se tiene un molino de una longitud de 800 mm, se tiene 3 rodillos, entonces, de acuerdo al tamaño de la máquina se considera:

$$l = 200 \text{ mm}$$

3.3.9.7. Capacidad de trituración

La capacidad de trituración de los rodillos, va determinada según las condiciones de la máquina y la empresa, por lo que se establece que:

$$8000 \text{ kg/lote} \rightarrow 1000 \text{ kg/h}$$

La densidad del material a triturar (*Zea Mays L*), es de:

$$760 \text{ kg/m}^3$$

Con todos estos datos se cambia la capacidad de peso a la forma de volumen:

$$1000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{760 \text{ kg}} = 1,316 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Con este resultado, se incrementa un 20% para evitar desbordamientos de materia prima, durante la producción, por lo tanto:

$$Q = 1,579 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

3.3.9.8. *Revoluciones por minuto de los rodillos*

Las revoluciones por minuto de los rodillos se calculan despejando dicho parámetro de la siguiente ecuación:

$$Q = 60 \times \pi \times N \times D_r \times D_f \times l \quad m^3/h$$

Donde,

Q , es la cantidad que se va a triturar (m^3/h)

N , son las revoluciones por minuto correspondientes al molino (rpm)

D_f , diámetro medio de partículas finales (mm)

D_r , es el diámetro del rodillo correspondiente (mm)

l , es la longitud de los rodillos (m)

$$N = \frac{Q}{60 \times \pi \times D_r \times D_f \times l}$$
$$N = \frac{1,579 \frac{m^3}{h}}{60 \times \pi \times (0,128 m) \times (0,0017 m) \times (0,2 m)} = 192,483 rpm$$

Con el resultado presente y las consideraciones de la empresa, se va a utilizar 200 rpm para la obtención de un correcto equipo de molino de rodillos.

3.3.9.9. *Determinación de la potencia del molino*

El molino de rodillos, por indicaciones de la empresa y especificaciones del equipo elegido para el proceso de la molienda de la materia prima, genera un voltaje de 4 a 11 KW, cada equipo, indispensable para el correcto manejo e implementación en la línea de producción.

Haciendo la transformación de este voltaje a HP tenemos:

$$11 KW \times \frac{1,34102 HP}{1 KW} = 14,75 HP$$

Por lo tanto, el molino va a generar una potencia de 14,75 HP para su correcto funcionamiento en la molienda de la materia prima (*Zea Mays L*).

3.3.9.10. *Ley de Rittinger*

Las leyes de la molienda son útiles para determinar cuál es la energía necesaria para moler un material, en este caso Rittinger proporcionó una manera de encontrar esta energía necesaria para

la molienda, esta ley demuestra que el trabajo necesario para una desintegración sea proporcional al aumento de superficie producido. La Ley de Rittinger se cumple mejor que la Ley de Kick en los molinos finos, como es en el caso de la obtención de griz fino y sémola (Brito, 2000, pp. 32-33).

La ley de Rittinger de forma matemática se calcula de la siguiente manera:

$$E = \frac{P}{T} = K_R \left[\frac{1}{X_2} - \frac{1}{X_1} \right]$$

Donde,

$E =$ Energía para reducir una unidad de masa de la alimentación $\left(\text{HP} \times \frac{h}{\text{ton}} \right)$

$K_R =$ Constante de Rittinger

$X_2 =$ Tamaño medio final del producto (mm)

$X_1 =$ Tamaño medio inicial del producto (mm)

$P =$ Potencia (HP)

$T =$ Velocidad de alimentación $\left(\frac{\text{ton}}{h} \right)$

Teniendo valores de potencia del molino de rodillos y la velocidad de alimentación, se calcula de la siguiente manera:

$$E = \frac{P}{T}$$

$$E = \frac{14,75 \text{ HP}}{1 \text{ ton/h}} = 14,75 \frac{\text{HP} \times h}{\text{ton}}$$

La energía necesaria según la Ley de Rittinger es de $14,75 \frac{\text{HP} \times h}{\text{ton}}$, esta energía será la requerida para que la molienda tenga su mejor rendimiento al usar el equipo de molino de rodillos, a fin de obtener griz fino y sémola.

3.3.9.11. Dimensionamiento del molino

Con los resultados obtenidos en especificaciones de los rodillos, se calcula el dimensionamiento del equipo obtenido por la empresa, de acuerdo, a los parámetros obtenidos se tiene:

L , es el lado del equipo y se tiene 1200 mm

W , es el ancho del equipo y se tiene 700 mm

H , es la altura del equipo y se tiene 1800 mm

$$V_M = L \times W \times H$$

$$V_M = (1,3) \times (1,4) \times (2,1) = 1,512 \text{ m}^3$$

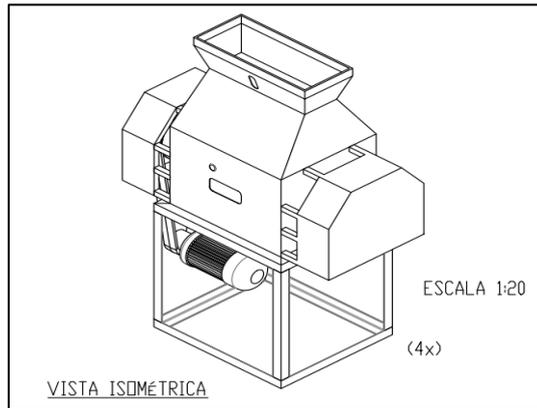


Ilustración 10-3: Equipo para la molienda

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

3.3.10. Cálculo del volumen del plansifter y organización de tamices

Los Plansifters son cajones que contienen mallas que ayudan a mejorar y hacer más rápido el proceso de la operación unitaria de tamizado, por lo tanto, es muy usado dentro de la obtención de harinas de maíz, es por eso que se ha implementado 4 cajones con 12 mallas en cada uno, que ayudará a obtener el Gritz fino y la Sémola, a continuación, se muestra el orden de las mallas para el uso correcto de los Plansifters:

Para calcular el volumen del cajón que contiene las mallas, es decir, del Plansifter, se tiene las dimensiones del mismo que son:

L, es el lado del equipo y se tiene 0,702 m

W, es el ancho del equipo y se tiene 0,702 m

H, es la altura del equipo y se tiene 1,4 m

$$V_p = L \times W \times H$$

$$V_p = (0,702) \times (0,702) \times (1,4) = 0,690 \text{ m}^3$$

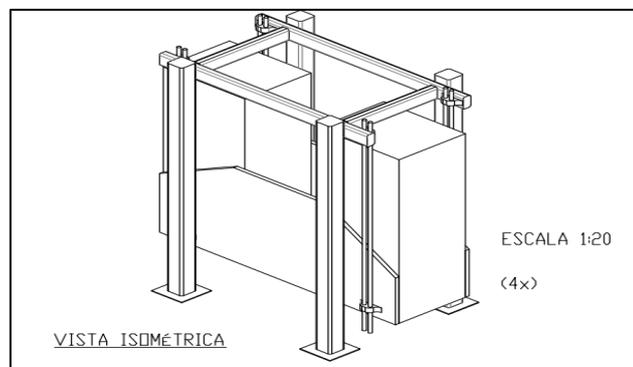


Ilustración 11-3: Plansifter

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Ya obtenido una vez el cálculo del volumen del cajón se puede organizar las mallas para un correcto tamizado, en este caso, por recomendación, para obtener Gritz de maíz fino y Sémola, y que puedan cumplir con las normas y resultados de calidad, se organiza las mallas de la siguiente manera:

Tabla 12-3: Orden de mallas para el tamizado de Gritz fino y Sémola

Producto Obtenido	Cajón 1	Cajón 2	Cajón 3	Cajón 4
Gritz fino	7	10	16	32
	16	16	20	32
	16	18	20	32
Harina de maíz (Sémola)	32	32	32	32
	40	40	40	32
	40	40	40	32
	40	40	40	32
	40	40	40	36
	40	40	40	36
	50	50	50	36
	60	60	60	36
60	60	60	36	

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

3.3.11. Determinación del equipo para el envasado

Para un correcto y eficiente envasado en sacos de los productos finales obtenidos a partir de la línea de producción dimensionada, es indispensable determinar un equipo ideal que satisfaga la producción, por lo tanto, por recomendación para la empresa, se utilizará una báscula de embalaje cuantitativa automática, que va a producir de 3 – 6 Ton/h, el cual es ideal para mejorar en rendimiento de tiempo y mano de obra para el envasado de los productos finales.

3.3.12. Análisis granulométrico del Gritz de maíz fino

El análisis granulométrico para el Gritz de maíz fino, se lo realiza a nivel de laboratorio, en base, a los tamices utilizados en la empresa, por lo tanto, se obtiene el siguiente análisis granulométrico, que cumple con los requisitos de la empresa para poder comercializar el producto.

Tabla 13-3: Análisis Granulométrico del Gritz de maíz fino

ABERTURA DE LA MALLA		Peso g	% PARCIAL	%ACUMULADO RETENIDO	%ACUMULADO PASANTE
TAMIZ N°	μm	W	$f(xi) = \frac{w}{w_{total}} * 100$	$G(xi)$	$F(xi) = 100 - G(xi)$
16	1180	52,9	52,90	52,9	47,10
20	850	29,7	29,70	82,60	17,40
25	710	9,9	9,90	92,50	7,50
30	600	2,5	2,50	95,00	5,00
40	425	0,9	0,90	95,90	4,10
FONDO		4,1	4,10	100,00	0
	SUMATORIA	100			

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Del análisis granulométrico hecho en función de los requisitos de la empresa, se obtiene las siguientes gráficas, de acuerdo a lo calculado:

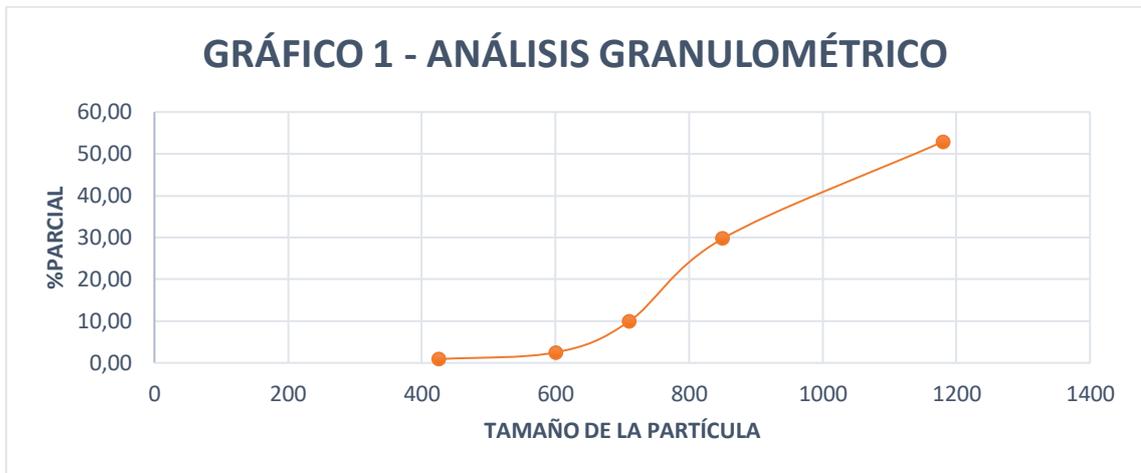


Ilustración 12-3: Gráfica entre % Parcial y tamaño de partícula

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

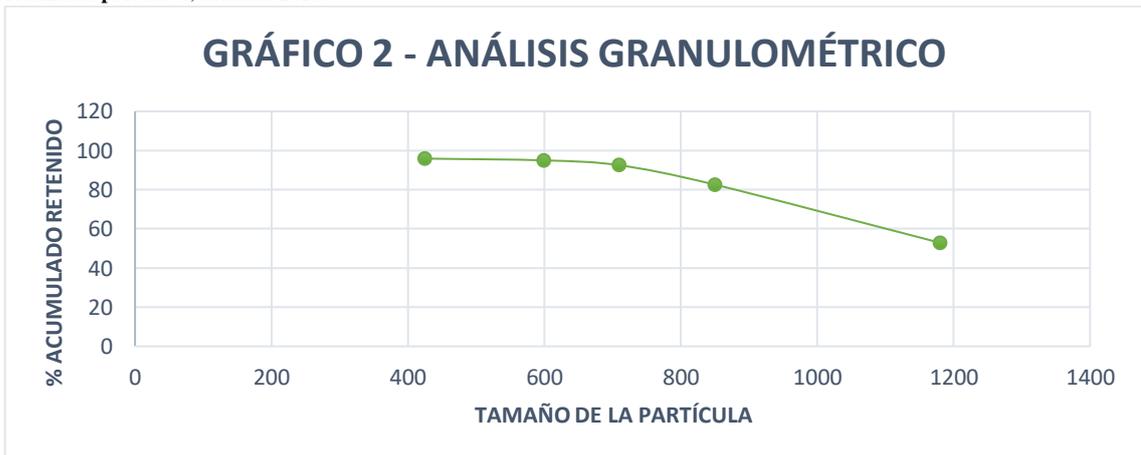


Ilustración 13-3: Gráfica entre % Retenido y tamaño de partícula

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

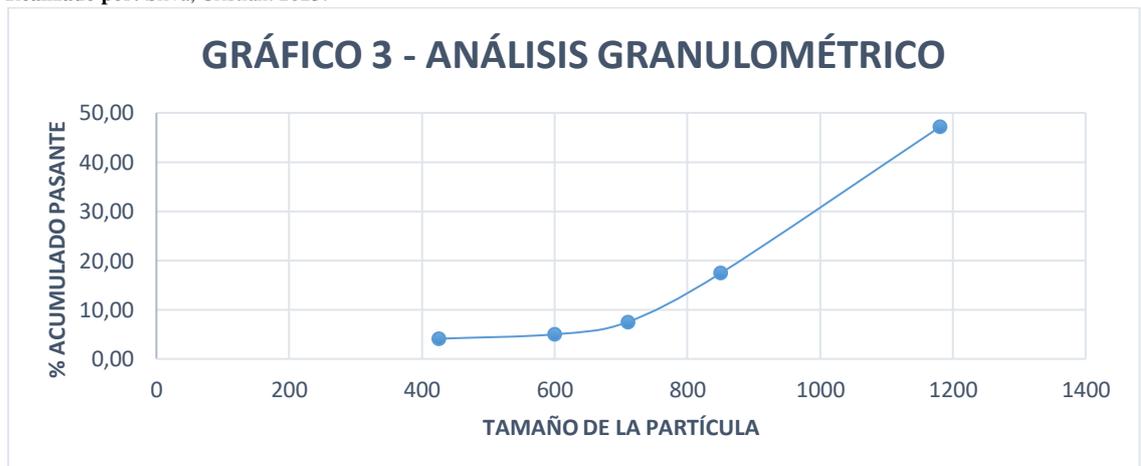


Ilustración 14-3: Gráfica entre % Pasante y tamaño de partícula

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Las tres gráficas muestran las relaciones que se puede encontrar en el análisis granulométrico ideal para obtener un producto, en este caso, en el griz fino, al tomar en cuenta la abertura de la malla y sus pesos respectivos, se relacionan con un porcentaje parcial de 52,90 %, 29,70%, 9,90%, 2,50%, 0,90% y en el fondo un 4,10%, también un porcentaje de acumulado retenido del 100% ideal para la obtención del griz fino y un acumulado pasante de 0% al final de toda la granulometría, estas gráficas nos muestran que de acuerdo va pasando el producto por cada malla, va bajando el tamaño de partícula, cabe recalcar que estos parámetros se tomaron en cuenta en recomendación de la empresa, de acuerdo a las necesidades de las empresas compradoras del griz fino de maíz.

3.3.13. Análisis granulométrico de la sémola

El análisis granulométrico para la Sémola, se lo realiza a nivel de laboratorio, en base, a los tamices utilizados en el laboratorio de procesos industriales de la facultad de ciencias de la ESPOCH, por lo tanto, se obtiene el siguiente análisis granulométrico.

Tabla 14-3: Análisis Granulométrico de la Sémola

ABERTURA DE LA MALLA		Peso g	% PARCIAL	%ACUMULADO RETENIDO	%ACUMULADO PASANTE
TAMIZ N°	μm	W	$f(xi) = \frac{w}{w_{total}} * 100$	$G(xi)$	$F(xi) = 100 - G(xi)$
20	850	76	37,07	37,07	62,93
30	600	55	26,83	63,90	36,10
40	425	24	11,71	75,61	24,39
50	300	13	6,34	81,95	18,05
70	212	17	8,29	90,24	9,76
100	150	20	9,76	100,00	0,00
FONDO		0	0,00		
	SUMATORIA	205			

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Del análisis granulométrico hecho en función de los requisitos de la empresa, se obtiene las siguientes gráficas, de acuerdo a lo calculado:

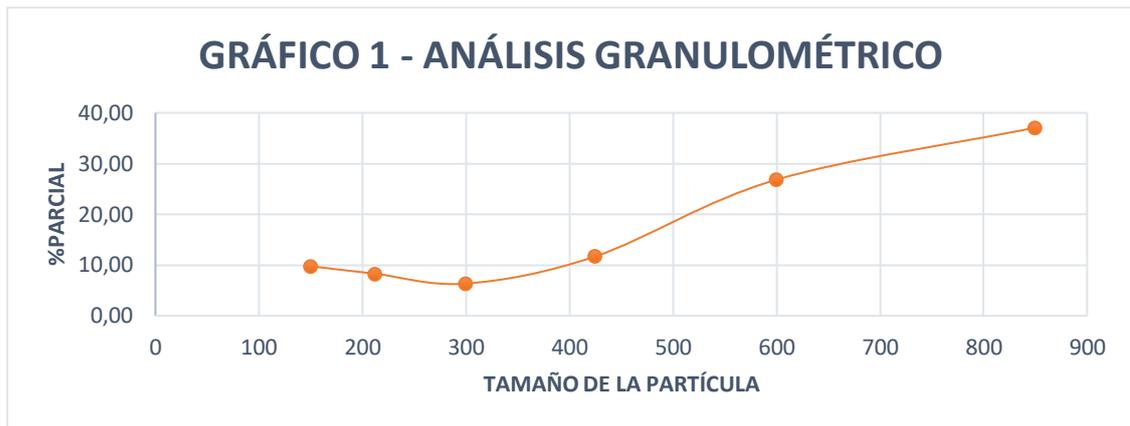


Ilustración 15-3: Gráfica entre % Parcial y tamaño de partícula

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

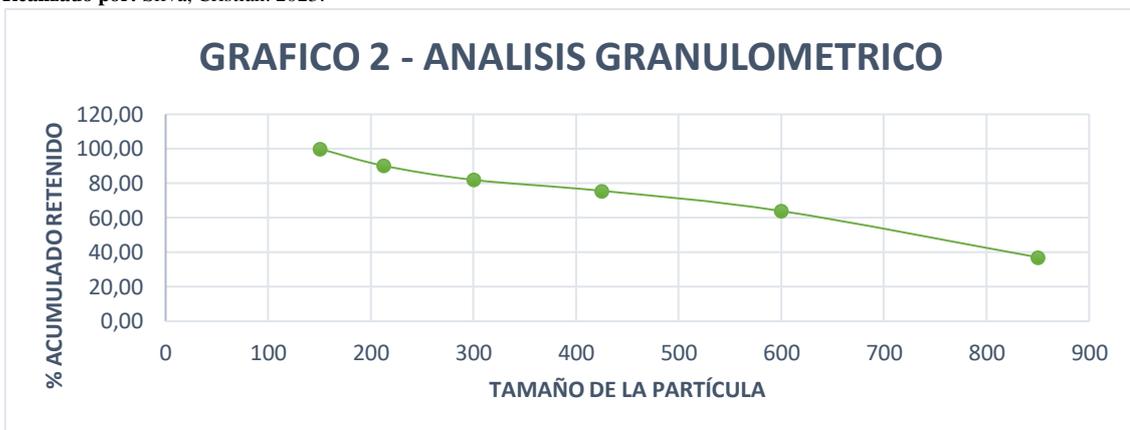


Ilustración 16-3: Gráfica entre % Retenido y tamaño de partícula

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

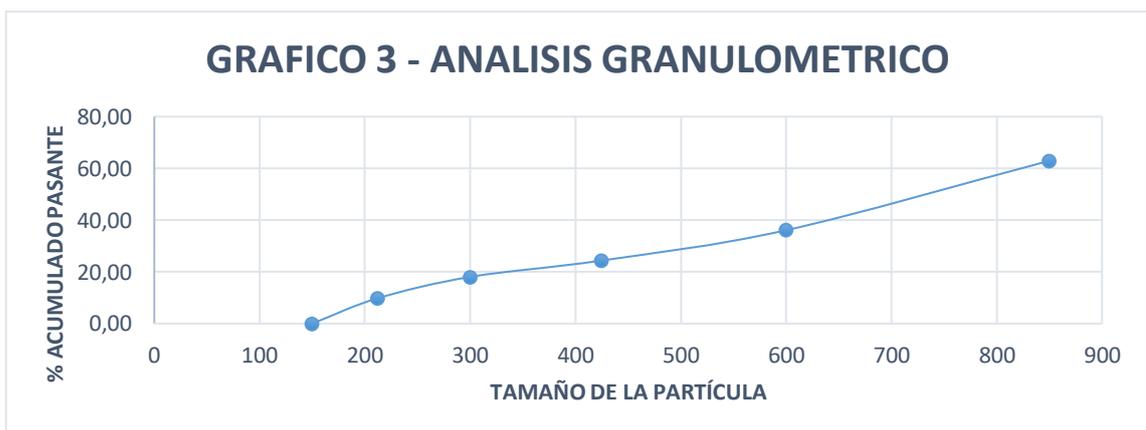


Ilustración 17-3: Gráfica entre % Pasante y tamaño de partícula

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

Las tres gráficas muestran las relaciones que se puede encontrar en el análisis granulométrico ideal para obtener un producto, en este caso, la sémola, al tomar en cuenta la abertura de la malla y sus pesos respectivos, se relacionan con un porcentaje parcial de 37,07 %, 26,83%, 11,71%,

6,34%, 8,29%, 9,76% y en el fondo un 0%, también un porcentaje de acumulado retenido del 100% ideal para la obtención de la sémola y un acumulado pasante de 0% al final de toda la granulometría, estas gráficas nos muestran que de acuerdo va pasando el producto por cada malla, va bajando el tamaño de partícula, cabe recalcar que estos parámetros se tomaron en cuenta para recomendación a la empresa, ya que ellos no constan de un análisis granulométrico para la venta del producto de la sémola de maíz.

3.3.14. Balances de masa

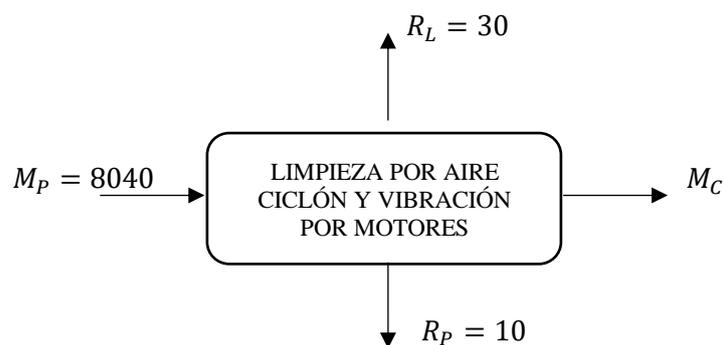
Los balances de masa permiten registrar todo el material involucrado en el proceso de conversión de maíz amarillo (*Zea Mays L*) hasta la obtención del Gritz fino y Sémola, entonces para tener claro dichos balances, es necesario aplicar la Ley de la conservación de la masa y que se interpreta en la siguiente ecuación:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Entrada de} \\ \text{productos} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Generación de} \\ \text{materia} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Salida de} \\ \text{productos} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Acumulación} \\ \text{de materia} \end{array} \right]$$

Pero como es de conocimiento, todo nuestro proceso está dado en estado estacionario, por lo tanto, se considera que no existe generación de materia y acumulación de materia, entonces, se tiene la siguiente ecuación principal para empezar con los balances de masa:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Entrada de} \\ \text{productos} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Salida de} \\ \text{productos} \end{array} \right]$$

3.3.14.1. Limpieza por ciclón y vibración de motores



Donde:

M_P , es el flujo másico de maíz del Silo Pulmón (kg/lote)

M_C , es el flujo másico de maíz limpio (kg/lote)

R_L , es el flujo másico de residuos livianos (kg/lote)

R_P , es el flujo másico de residuos pesados (kg/lote)

Según los datos obtenidos, se realiza el balance de masa correspondiente a esta parte del proceso:

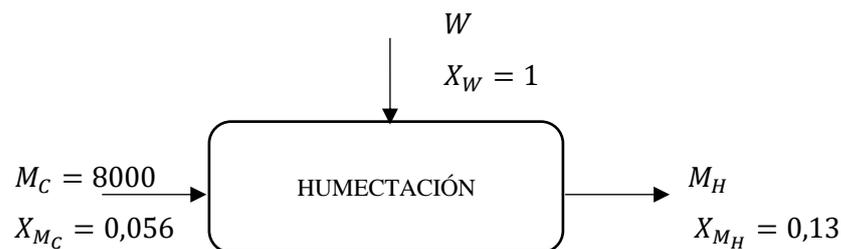
Balance de masa global

$$M_P = M_C + R_L + R_P$$

$$M_C = M_P - R_L - R_P$$

$$M_C = 8040 - 30 - 10 = 8000 \text{ kg/lote}$$

3.3.14.2. Humectación



Donde,

M_C , es el flujo másico de maíz limpio por ciclón (kg/lote)

X_{M_C} , es la fracción de humedad inicial del maíz

W , es el flujo másico de agua que ingresa al maíz (kg/lote)

X_W , es la fracción de agua que ingresa al maíz

M_H , es el flujo másico de maíz húmedo (kg/lote)

X_{M_H} , es la fracción de humedad final del maíz

Según los datos obtenidos, se realiza el balance de masa correspondiente a esta parte del proceso:

Balance de masa global

$$M_C + W = M_H$$

$$8000 + W = M_H \quad (1)$$

Balance de masa por componente

$$(M_C \times X_{M_C}) + (W \times X_W) = (M_H \times X_{M_H})$$

$$(8000 \times 0,056) + (W \times 1) = (M_H \times 0,13)$$

$$448 + W = 0,13M_H \quad (2)$$

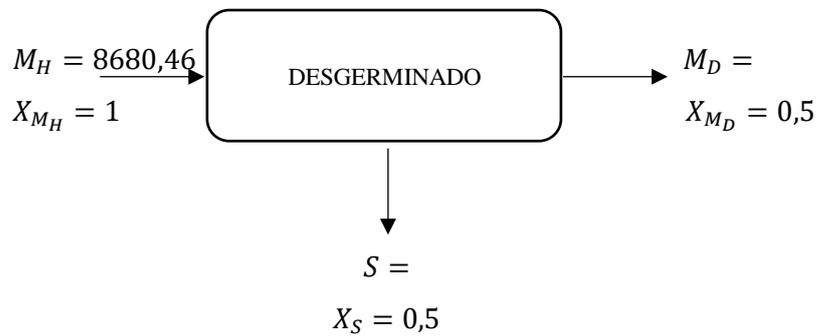
Se realiza un sistema de ecuaciones para encontrar los valores de los flujos faltantes, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 8000 + W &= M_H \\
 -448 - W &= -0,13M_H \\
 7552 &= 0,87M_H \\
 M_H &= \frac{7552}{0,87} = 8680,46 \text{ kg/lote}
 \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned}
 W &= M_H - M_C \\
 W &= 8680,46 - 8000 = 680,46 \text{ kg/lote}
 \end{aligned}$$

3.3.14.3. Desgerminado



Donde,

M_H , es el flujo másico de maíz húmedo (kg/lote)

X_{M_H} , es la fracción de maíz húmedo

M_D , es el flujo másico de maíz desgerminado (kg/lote)

X_{M_D} , es la fracción de maíz desgerminado

S , es el flujo másico de la sémola que se obtiene del desgerminador (kg/lote)

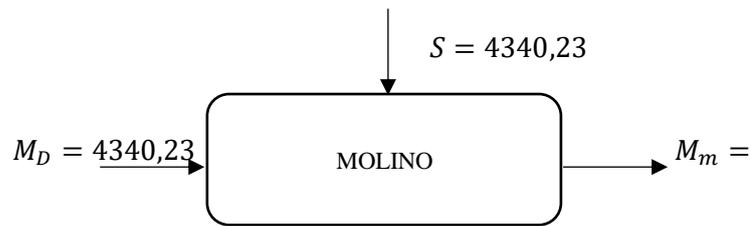
X_S , es la fracción de harina de maíz o sémola

En esta parte del proceso se tiene en cuenta que del desgerminador, saldrán un 50% de harina de maíz que luego se unirá al último molino, y el otro 50% será considerado como el maíz desgerminador que seguirá el proceso de la molienda desde el primer molino, por lo tanto, se tiene los siguientes resultados, en cuanto al balance de masa global:

$$M_D = 4340,23 \text{ kg/lote}$$

$$S = 4340,23 \text{ kg/lote}$$

3.3.14.4. Molienda



Donde,

M_D , es el flujo másico de maíz desgerminado (kg/lote)

S , es el flujo másico de la sémola que se obtiene del desgerminador (kg/lote)

M_m , es el flujo másico de maíz molido (kg/lote)

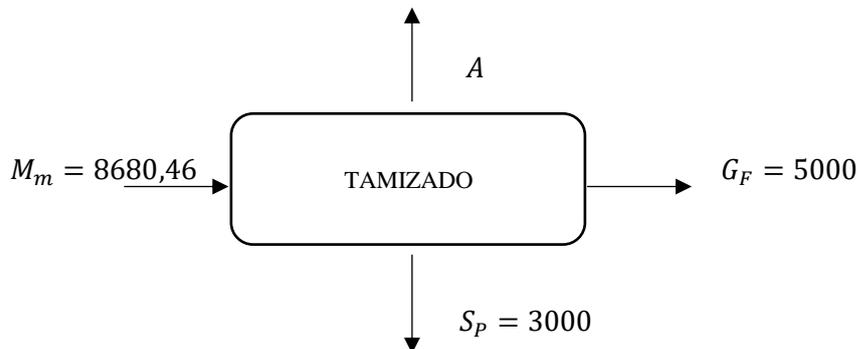
Como se observa la molienda al ser una operación unitaria de tipo mecánica, se realiza el balance de masa donde ingresará el maíz desgerminado y la harina de maíz, por lo tanto, el proceso y el balance continuará de la siguiente manera:

$$M_D + S = M_m$$

$$M_m = 4340,23 + 4340,23 = 8680,46 \text{ kg/lote}$$

En esta parte del proceso, se considera a las pérdidas insignificantes dentro del molino, por lo tanto, no se tendrá pérdidas como tal.

3.3.14.5. Tamizado



Donde,

M_m , es el flujo másico de maíz molido (kg/lote)

G_F , es el flujo másico de griz fino (kg/lote)

S_p , es el flujo másico de Sémola (kg/lote)

A , es el flujo másico de afrecho

Para tener en cuenta valores referentes a la producción de la empresa, se tome en cuenta que se su producción máxima, es de 200 sacos de 25 kg para el Gritz fino y 60 sacos de 50 kg para la harina de maíz o sémola, por lo tanto, hacemos un balance teniendo en cuenta estos valores:

Balance de masa global

$$M_m = G_F + S + A$$

$$A = M_m - G_F - S_P$$

$$A = 8680,46 - 5000 - 3000 = 680,46 \text{ kg/lote}$$

Teniendo en cuenta la producción máxima, el afrecho que se obtiene en la empresa va de los 15 sacos de 40 kg, entonces, según el balance de masa se obtiene un valor cercano a la producción por lotes de la empresa.

3.3.15. Rendimiento

El rendimiento de la empresa, según el diseño del proceso para la obtención de Gritz de maíz fino y sémola, se obtiene a partir de los balances de masa, por lo que, se calcula de la siguiente manera:

Gritz de maíz fino

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo másico de griz fino (kg/lote)}}{\text{Flujo másico de maíz molido (kg/lote)}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{5000}{8680,46} \times 100 = 57,60\%$$

Harina de maíz o sémola

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo másico de harina de maíz o sémola (kg/lote)}}{\text{Flujo másico de maíz molido (kg/lote)}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{3000}{8680,46} \times 100 = 34,56\%$$

El rendimiento del proceso para la obtención de Gritz fino de maíz corresponde a un valor del 57,60% y para la obtención de la Sémola corresponde a un valor del 34,56%.

A continuación, se muestra de manera general el Balance de masa para la obtención del Gritz fino de maíz y Sémola, con los resultados obtenidos:

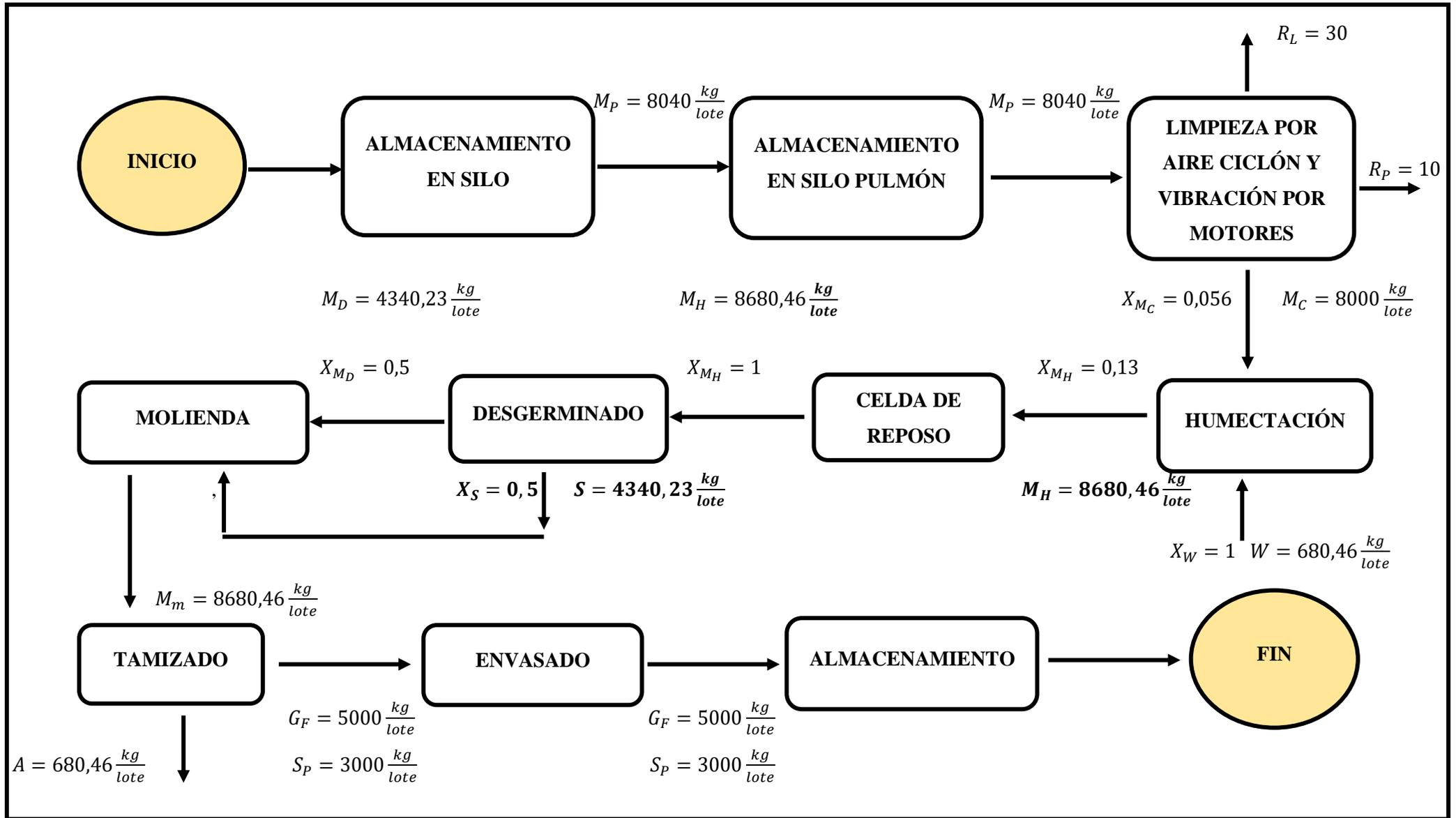


Ilustración 18-3: Balance de masa global del proceso

Realizado por: Silva, Cristian. 2023.

3.4. Validación técnica y económica

Con el estudio de la factibilidad del proyecto, es posible garantizar el éxito de la obtención de los productos al aplicar una correcta línea de producción antes de salir a la venta al mercado.

La guía presentada para el diseño del proceso para la obtención del gritz fino y sémola, necesita del presente estudio de viabilidad para revelar si su implementación es factible y rentable, para esto se tendrán en cuenta componentes directos e indirectos que alteren al proyecto.

El diseño del proceso para la obtención del gritz fino y sémola se ha implementado para una producción de 5000 kg de gritz fino y 3000 kg de sémola.

3.4.1. Factibilidad económica del gritz fino de maíz

3.4.1.1. Inversión fija

Se refiere al presupuesto económico imprescindible para la obtención de maquinaria y equipos, que son utilizados en toda la línea de producción para la obtención de los productos.

Los equipos, maquinaria y precios se toman en cuenta según el costo general de toda la línea de producción, por lo tanto:

Tabla 15-3: Inversión fija

Equipo	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Línea de producción del Gritz fino y sémola	1	250000	250000
TOTAL			250000

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

3.4.1.2. Trascendencia de gastos de producción

Tabla 16-3: Costos de materia prima e insumos

Materias primas e insumos	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo diario	Costo semanal	Costo mes	Costo año
Sacos de maíz	1	unidad	0,4	0,4	2	8	96
Maíz amarillo (<i>Zea Mays L</i>)	100	kg	20	2000	10000	40000	480000
TOTAL			20	2000,4	10002	40008	480096

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

La materia prima se ve reflejada en la tabla 16 – 3 donde se describe la cantidad de 1 quintal de maíz amarillo (*Zea Mays L*) y su precio de acuerdo a lo establecido en el país, estos valores detallados en dicha tabla, son tomados como referencia para obtener un saco de producto. Estos

costos son básicos y necesarios para lograr una correcta implementación de la línea de producción y obtener el producto final.

Tabla 17-3: Costos de trabajadores en la empresa

Personal	Cantidad	Salario Mensual (\$)	Gasto Mensual (\$)	Gasto Anual (\$)
Técnico	1	900	900	12150
Operario	2	550	1100	15200
TOTAL			2000	27350

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Tabla 18-3: Costos de servicios básicos

Servicio	Consumo diario	Costo mensual (\$)	Costo Anual (\$)
Electricidad (KW/h)	30	600	7200
Agua Potable (m3)	0,5	10	120
TOTAL	30,5	610	7320

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Los datos de consumo tomados para los servicios básicos son un aproximado teniendo en cuenta el tipo de equipo y maquinaria implementada en la línea de producción.

3.4.1.3. Capital de trabajo

El capital de trabajo da a conocer el dinero necesario que la pequeña industria SIMAA necesita para superponer los costos y gastos a un breve plazo, para esto se planifica para una producción de 5000 kg diarios, es decir, 100000 kg al mes.

Tabla 19-3: Gastos mensuales de producción

GASTOS MENSUALES DE PRODUCCIÓN	
DETALLE	COSTO TOTAL (\$)
Gastos de materia prima e insumos	40008
Costos de mano de obra	2000
Costos de servicios básicos	610
TOTAL	42618
TOTAL, ANUAL	511416

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Haciendo una sumatoria de todos los gastos directos detallados, se planifica un valor de **511416 \$** que la pequeña industria SIMAA requiere para lograr una producción de **100000 kg** de griz fino.

3.4.1.4. Inversión total

Para comprender la inversión total para la implementación del proyecto se hace una sumatoria de los costos del capital de trabajo con los costos de la inversión fija.

Tabla 20-3: Gastos mensuales de producción

Denominación	Costo total (\$)	%
Inversión fija	250000	85,44
Capital de operaciones	42618	14,56
TOTAL	292618	100

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Por consiguiente, la pequeña industria SIMAA necesita 292618 \$ de inversión inicial para llevar a cabo el proyecto técnico.

3.4.1.5. Costo de producción anual

Tabla 21-3: Gastos mensuales de producción

Denominación	Costo total (\$)	%
Material directo (materia prima)	480096	93,26
Mano de obra	27350	5,31
Servicios básicos	7320	1,42
TOTAL	514766	100

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

3.4.1.6. Precio de venta al público (PVP)

Para determinar el precio de venta al público del producto, visto de la manera económica más rentable, se relaciona los costos de producción adicionando un margen de ganancia, por lo tanto, para calcular este parámetro se lo realiza mediante la siguiente fórmula:

$$PVP = Gasto\ mensual \times (0,30) + Gasto\ mensual$$

Donde:

$PVP =$ Precio de venta unitario al público

$Gasto\ mensual =$ Gastos mensuales en la elaboración del producto

0,3 = Índice de margen de ganancia, en base a criterio propio considerando un valor > 20%, significa que es un índice adecuado

$$PVP = 42618 \times (0,30) + 42618 = 55403,4 \$$$

Con este valor de PVP mensual, se realiza una regla de 3 simple para encontrar el precio relacionado a una sola unidad, por lo tanto:

$$x = \frac{55403,4 \$ \times 1 \text{ unidad}}{4000 \text{ unidades}} = 13,85085 \$ \approx 14 \$$$

Se tiene un valor de 14 \$ para los sacos de griz fino en su presentación de 25 kg que se ha establecido para producir con esta guía técnica.

3.4.1.7. *Marcha del proyecto*

Tabla 22-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Producto	Cantidad de unidades que sale al mercado	Costo unitario \$	Ingresos diarios \$	Ingresos semanales \$	Ingresos mensuales \$	Ingresos anuales \$
Gritz de maíz fino	200	13,85085	2770,17	13850,85	55403,4	664840,8
Sumatoria	200	13,85085	2770,17	13850,85	55403,4	664840,8

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Con la estimación de los ingresos por ventas, se puede calcular las ganancias mensuales por la venta del griz fino.

$$\text{Ganancia mensual} = \text{Venta mensual} - \text{Inversión mensual}$$

$$\text{Ganancia mensual} = 55403,4\$ - 42618\$$$

$$\text{Ganancia mensual} = 12785,4\$$$

3.4.1.8. *Punto de equilibrio*

El punto de equilibrio, se lo denomina como el punto en donde los ingresos son equivalentes a los costos, mediante este parámetro se puede conocer a partir de que cantidad de la venta de griz fino, la pequeña industria SIMAA empezará a procrear ganancias y así determinar si la guía técnica es viable.

Se lo realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{CFT}{1 - \frac{CVT}{VT}}$$

Donde:

Pe = Punto de equilibrio

CFT = Costos fijos totales, correspondiente a la inversión total del proyecto

CVT = costos variables totales, correspondiente a costos de producción anual

VT = ventas totales estimadas al año

$$PE = \frac{292618}{1 - \frac{511416}{664840,8}}$$

$$PE = 1268011,333 \$$$

Se estima a criterio propio un margen de utilidad de 0,30

$$PE = 1268011,333 \$ \times 0,30$$

$$PE = 380403,40 \$$$

Con los resultados obtenidos, se muestra que la pequeña industria SIMAA necesita vender 380403,40 \$ para llegar al objetivo del punto de equilibrio.

3.4.1.9. Utilidad neta

Con la utilidad neta se puede conocer que utilidad económica obtendrá la empresa, para esto se hace una diferencia entre las ventas de los costos de producción que está vinculado para obtener el producto. El beneficio neto va a ser estimada a 5 años para poder determinar en qué tiempo se logra recuperar la inversión fija indispensable para la implementación de la línea de producción. Teniendo en cuenta los gastos, se logra proyectar que a través de los años se va a sufrir un reajuste del 2,5% y las ventas del producto tendrán un aumento del 3%. El reajuste propuesto se lo determina como medida de prevención de alteración en el mercado, debido a un acrecentamiento de precios o de las competencias.

Entonces, las ventas planificadas anuales se lo multiplican por 1,025 y los costos de unidades vendidas por la pequeña industria el 1,03.

$$2,5\% + 100\% = 1,025$$

$$3\% + 100\% = 1,03$$

Tabla 23-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Parámetro	Años Proyectados				
	2023	2024	2025	2026	2027
Ventas anuales	664840,8	681461,82	698498,3655	715960,8246	733859,8453
Costo de producción anual	511416	526758,48	542561,23	558838,07	575603,21
Utilidad neta o flujo de carga	153424,8	154703,34	155937,13	157122,75	158256,63

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

La tabla 23 – 3 determina el beneficio neto a cada año estimado iniciando con un incremento de 1278,54\$ en el 2023 y concluyendo el 2027 con un valor de 1133,88\$ de residuo en función al año anterior, estos datos manifiestan un promedio de 1206,21\$ de aumento monetario en función de cada año.

Para observar si es factible el proyecto técnico para la pequeña industria SIMAA, se implementa estos datos para la determinación del TIR y VAN.

3.4.1.10. VAN (Valor actual neto)

El VAN (valor actual neto) es el valor de todos los flujos posteriores restando la determinada inversión inicial, esto ayudará a conocer la viabilidad del proyecto en términos económicos. El VAN se guía en función de los siguientes parámetros:

VAN < 0, el proyecto genera pérdidas por lo que debería ser rechazado

VAN > 0, el proyecto es viable obteniendo ganancias

VAN = 0, el proyecto no genera ningún beneficio ni pérdidas

Para calcular el VAN, se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

I = inversión de cada año

F = Flujo de caja estimado en cada año

i = tasa de interés que se exige a la inversión

En la tabla 24 – 3 se observa de forma resumida el cálculo del valor actual neto, por lo que se estima una tasa de interés de 10% (0,10).

Tabla 24-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Inversión inicial		292618			
Año	Tiempo (n)	Flujo de caja	Interés	Ecuación	I
2023	0	153424,8	10%	$I = \frac{F}{(1+i)^n}$	153424,8
2024	1	154703,34			140639,40
2025	2	155937,13			128873,66
2026	3	157122,75			118048,65
2027	4	158256,63			108091,41
TOTAL				VAN	649077,9209

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Teniendo un VAN de 649077,9209\$ hace referencia a que la inversión preliminar se va a recuperar para una tasa de 10% de interés y se va a tener un residuo de 649077,9209\$.

3.4.1.11. TIR (Tasa interna de retorno)

La tasa interna de retorno o también conocido como TIR, es otro parámetro importante para tener en cuenta la viabilidad de una empresa, con esto se comprueba si la tasa rentable es mayor a la tasa estimada de interés, así se puede determinar la ganancia o la pérdida de un proyecto de inversión, basándose en los siguientes puntos de vista:

$TIR < i$ el proyecto es rechazo

$TIR > i$ el proyecto es aceptado

$TIR = i$ el proyecto indistinto

Por lo tanto, el TIR, se calcula de la siguiente manera, haciendo uso de Microsoft EXCEL, donde se usa los datos de flujo de caja y detrayendo la inversión inicial, estos valores son incorporados al EXCEL dando los siguientes resultados:

Tabla 25-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Inversión inicial	-292618
Flujo de caja	153424,8
	154703,34
	155937,13
	157122,75
	158256,63
TIR	45%

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Con estos datos incorporados se obtiene un TIR de 45%, que según los criterios es mayor al 10%, por lo que se concluye, que el proyecto es aceptado y viable para su implementación.

3.4.1.12. Validación del TIR

Tabla 26-3: Comprobación del TIR

Inversión inicial		-292618			
Año	Tiempo (n)	Flujo de caja	Interés	Ecuación	I
2023	0	153424,8	46%	$I = \frac{F}{(1+i)^n}$	153424,8
2024	1	154703,34			106691,9586
2025	2	155937,13			74167,48209
2026	3	157122,75			51538,89153
2027	4	158256,63			35800,56734
TOTAL				TIR	421623,6996

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

3.4.1.13. Ciclo de recuperación

Al obtener el ciclo de recuperación se va a determinar al tiempo efectivo de retorno de la inversión y con estos cálculos se podrá observar los primeros beneficios de implementación del proyecto.

Tabla 27-3: Ciclo de recuperación del proyecto

Periodo (años proyectados)	Flujo de caja (I)	Flujo acumulado
0	-292618	-292618
1	153424,8	-139193,2
2	154703,34	15510,14
3	155937,13	171447,27
4	157122,75	328570,02
5	158256,63	486826,66

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

La tabla 27 – 3 muestra el flujo acumulado en relación al periodo de 5 años estimados, el valor fue computado partiendo de la inversión calculada en el VAN con una tasa del 10% de descuento, empezando con el periodo 0 de –292618\$ que es la inversión inicial, y a cada flujo se le adiciona el valor del año siguiente, teniendo así un flujo acumulado de 486826,66\$ en el último año.

Con estos valores se puede calcular el ciclo de recuperación (PDR), con la siguiente fórmula:

$$PDR = \text{último periodo acumulativo} + \frac{|\text{último flujo acumulado negativo}|}{\text{flujo de caja del año siguiente}}$$

$$PDR = 1 + \frac{|-139193,2|}{153424,8}$$

$$PDR = 1,90$$

El valor de PDR calculado es de 1,90 que quiere decir que en 1 año 9 meses, se recupera la inversión inicial de 292618\$.

3.4.1.14. Beneficio del costo del proyecto técnico

Para determinar si es viable la guía técnica para la implementación de la línea de producción, se rige a los siguientes criterios:

$$\frac{b}{c} < 1, \text{ se rechaza}$$

$$\frac{b}{c} = 1, \text{ es indiferente}$$

$$\frac{b}{c} > 1, \text{ se acepta}$$

Entonces el beneficio del costo se calcula de la siguiente manera:

$$BC = \frac{BENEFICIO}{COSTO}$$
$$BC = \frac{486826,66}{421623,6996}$$
$$BC = 1,155$$

El valor de la relación entre el beneficio y costo es de 1,155 mayor a 1, por lo tanto, el proyecto técnico se acepta como viable para la obtención de gritz fino de maíz en la pequeña industria SIMAA.

3.4.2. Factibilidad económica de la sémola de maíz

3.4.2.1. Inversión fija

Se refiere al presupuesto económico imprescindible para la obtención de maquinaria y equipos, que son utilizados en toda la línea de producción para la obtención de los productos.

Los equipos, maquinaria y precios se toman en cuenta según el costo general de toda la línea de producción, por lo tanto:

Tabla 28-3: Inversión fija

Equipo	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Línea de producción del Gritz fino y sémola	1	250000	250000
TOTAL			250000

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

3.4.2.2. Trascendencia de gastos de producción

Tabla 29-3: Costos de materia prima e insumos

Materias primas e insumos	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo diario	Costo semanal	Costo mes	Costo año
Sacos de maíz	1	unidad	0,4	0,4	2	8	96
Maíz amarillo (<i>Zea Mays L</i>)	100	kg	20	2000	10000	40000	480000
TOTAL			20	2000,4	10002	40008	480096

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

La materia prima se ve reflejada en la tabla 29 – 3 donde se describe la cantidad de 1 quintal de maíz amarillo (*Zea Mays L*) y su precio de acuerdo a lo establecido en el país, estos valores detallados en dicha tabla, son tomados como referencia para obtener un saco de producto. Estos costos son básicos y necesarios para lograr una correcta implementación de la línea de producción y obtener el producto final.

Tabla 30-3: Costos de trabajadores en la empresa

Personal	Cantidad	Salario Mensual (\$)	Gasto Mensual (\$)	Gasto Anual (\$)
Técnico	1	900	900	12150
Operario	2	550	1100	15200
TOTAL			2000	27350

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Tabla 31-3: Costos de servicios básicos

Servicio	Consumo diario	Costo mensual (\$)	Costo Anual (\$)
Electricidad (KW/h)	30	600	7200
Agua Potable (m3)	0,5	10	120
TOTAL	30,5	610	7320

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Los datos de consumo tomados para los servicios básicos son un aproximado teniendo en cuenta el tipo de equipo y maquinaria implementada en la línea de producción.

3.4.2.3. Capital de trabajo

El capital de trabajo da a conocer el dinero necesario que la pequeña industria SIMAA necesita para superponer los costos y gastos a un breve plazo, para esto se planifica para una producción de 3000 kg diarios, es decir, 60000 kg al mes.

Tabla 32-3: Gastos mensuales de producción

GASTOS MENSUALES DE PRODUCCIÓN	
DETALLE	COSTO TOTAL (\$)
Gastos de materia prima e insumos	40008
Costos de mano de obra	2000
Costos de servicios básicos	610
TOTAL	42618
TOTAL, ANUAL	511416

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Haciendo una sumatoria de todos los gastos directos detallados, se planifica un valor de **511416 \$** que la pequeña industria SIMAA requiere para lograr una producción de **60000 kg** de sémola.

3.4.2.4. *Inversión total*

Para comprender la inversión total para la implementación del proyecto se hace una sumatoria de los costos del capital de trabajo con los costos de la inversión fija.

Tabla 33-3: Gastos mensuales de producción

Denominación	Costo total (\$)	%
Inversión fija	250000	85,44
Capital de operaciones	42618	14,56
TOTAL	292618	100

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Por consiguiente, la pequeña industria SIMAA necesita 292618 \$ de inversión inicial para llevar a cabo el proyecto técnico.

3.4.2.5. *Costo de producción anual*

Tabla 34-3: Gastos mensuales de producción

Denominación	Costo total (\$)	%
Material directo (materia prima)	480096	93,26
Mano de obra	27350	5,31
Servicios básicos	7320	1,42
TOTAL	514766	100

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

3.4.2.6. Precio de venta al público (PVP)

Para determinar el precio de venta al público del producto, visto de la manera económica más rentable, se relaciona los costos de producción adicionando un margen de ganancia, por lo tanto, para calcular este parámetro se lo realiza mediante la siguiente fórmula:

$$PVP = Gasto\ mensual \times (0,30) + Gasto\ mensual$$

Donde:

$PVP =$ Precio de venta unitario al público

$Gasto\ mensual =$ Gastos mensuales en la elaboración del producto

0,30

= Índice de margen de ganancia, en base a criterio propio considerando un valor > 20%, significa que es un índice adecuado

$$PVP = 42618 \times (0,30) + 42618 = 55403,4 \$$$

Con este valor de PVP mensual, se realiza una regla de 3 simple para encontrar el precio relacionado a una sola unidad, por lo tanto:

$$x = \frac{55403,4 \$ \times 1\ unidad}{1200\ unidades} = 46,1695 \$ \approx 47 \$$$

Se tiene un valor de 47 \$ para los sacos de sémola en su presentación de 50 kg que se ha establecido para producir con esta guía técnica.

3.4.2.7. Marcha del proyecto

Tabla 35-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Producto	Cantidad de unidades que sale al mercado	Costo unitario \$	Ingresos diarios \$	Ingresos semanales \$	Ingresos mensuales \$	Ingresos anuales \$
Gritz de maíz fino	60	46,1695	2770,17	13850,85	55403,4	664840,8

Sumatoria	60	46,1695	2770,17	13850,85	55403,4	664840,8
-----------	----	---------	---------	----------	---------	----------

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Con la estimación de los ingresos por ventas, se puede calcular las ganancias mensuales por la venta del griz fino.

$$\text{Ganancia mensual} = \text{Venta mensual} - \text{Inversión mensual}$$

$$\text{Ganancia mensual} = 55403,4\$ - 42618\$$$

$$\text{Ganancia mensual} = 12785,4\$$$

3.4.2.8. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio, se lo denomina como el punto en donde los ingresos son equivalentes a los costos, mediante este parámetro se puede conocer a partir de que cantidad de la venta de sémola, la pequeña industria SIMAA empezará a procrear ganancias y así determinar si la guía técnica es viable.

Se lo realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{CFT}{1 - \frac{CVT}{VT}}$$

Donde:

Pe = Punto de equilibrio

CFT = Costos fijos totales, correspondiente a la inversión total del proyecto

CVT

= costos variables totales, correspondiente a los costos de producción anual

VT = ventas totales estimadas al año

$$PE = \frac{292618}{1 - \frac{511416}{664840,8}}$$

$$PE = 1268011,333 \$$$

Se estima a criterio propio un margen de utilidad de 0,30

$$PE = 1268011,333 \$ \times 0,30$$

$$PE = 380403,40 \$$$

Con los resultados obtenidos, se muestra que la pequeña industria SIMAA necesita vender 380403,40 \$ para llegar al objetivo del punto de equilibrio.

3.4.2.9. Utilidad neta

Con la utilidad neta se puede conocer que utilidad económica obtendrá la empresa, para esto se hace una diferencia entre las ventas de los costos de producción que está vinculado para obtener el producto. El beneficio neto va a ser estimada a 5 años para poder determinar en qué tiempo se logra recuperar la inversión fija indispensable para la implementación de la línea de producción. Teniendo en cuenta los gastos, se logra proyectar que a través de los años se va a sufrir un reajuste de 2,5% y las ventas del producto tendrán un aumento del 3%. El reajuste propuesto se lo determina como medida de prevención de alteración en el mercado, debido a un acrecentamiento de precios o de las competencias.

Entonces, las ventas planificadas anuales se lo multiplican por 1,025 y los costos de unidades vendidas por la pequeña industria el 1,03.

$$2,5\% + 100\% = 1,025$$

$$3\% + 100\% = 1,03$$

Tabla 36-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Parámetro	Años Proyectados				
	2023	2024	2025	2026	2027
Ventas anuales	664840,8	681461,82	698498,3655	715960,8246	733859,8453
Costo de producción anual	511416	526758,48	542561,23	558838,07	575603,21
Utilidad neta o flujo de carga	153424,8	154703,34	155937,13	157122,75	158256,63

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

La tabla 36 – 3 determina el beneficio neto a cada año estimado iniciando con un incremento de 1278,54\$ en el 2023 y concluyendo el 2027 con un valor de 1133,88\$ de residuo en función al año anterior, estos datos manifiestan un promedio de 1206,21\$ de aumento monetario en función de cada año.

Para observar si es factible el proyecto técnico para la pequeña industria SIMAA, se implementa estos datos para la determinación del TIR y VAN.

3.4.2.10. VAN (Valor actual neto)

El VAN (valor actual neto) es el valor de todos los flujos posteriores restando la determinada inversión inicial, esto ayudará a conocer la viabilidad del proyecto en términos económicos. El VAN se guía en función de los siguientes parámetros:

VAN < 0, el proyecto genera pérdidas por lo que debería ser rechazado

VAN > 0, el proyecto es viable obteniendo ganancias

$VAN = 0$, el proyecto no genera ningún beneficio ni pérdidas

Para calcular el VAN, se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

I = inversión de cada año

F = Flujo de caja estimado en cada año

i = tasa de interés que se exige a la inversión

En la tabla 37 – 3 se observa de forma resumida el cálculo del valor actual neto, por lo que se estima una tasa de interés de 10% (0,10).

Tabla 37-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Inversión inicial		292618			
Año	Tiempo (n)	Flujo de caja	Interés	Ecuación	I
2023	0	153424,8	10%	$I = \frac{F}{(1 + i)^n}$	153424,8
2024	1	154703,34			140639,40
2025	2	155937,13			128873,66
2026	3	157122,75			118048,65
2027	4	158256,63			108091,41
TOTAL				VAN	649077,9209

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Teniendo un VAN de 649077,9209\$ hace referencia a que la inversión preliminar se va a recuperar para una tasa de 10% de interés y se va a tener un residuo de 649077,9209\$.

3.4.2.11. TIR (Tasa interna de retorno)

La tasa interna de retorno o también conocido como TIR, es otro parámetro importante para tener en cuenta la viabilidad de una empresa, con esto se comprueba si la tasa rentable es mayor a la tasa estimada de interés, así se puede determinar la ganancia o la pérdida de un proyecto de inversión, basándose en los siguientes puntos de vista:

$TIR < i$ el proyecto es rechazo

$TIR > i$ el proyecto es aceptado

$TIR = i$ el proyecto indistinto

Por lo tanto, el TIR, se calcula de la siguiente manera, haciendo uso de Microsoft EXCEL, donde se usa los datos de flujo de caja y detrayendo la inversión inicial, estos valores son incorporados al EXCEL dando los siguientes resultados:

Tabla 38-3: Costos para la puesta en marcha del proyecto

Inversión inicial	-292618
Flujo de caja	153424,8
	154703,34
	155937,13
	157122,75
	158256,63
TIR	45%

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Con estos datos incorporados se obtiene un TIR de 45%, que según los criterios es mayor al 10%, por lo que se concluye, que el proyecto es aceptado y viable para su implementación.

3.4.2.12. Validación del TIR

Tabla 39-3: Comprobación del TIR

Inversión inicial		-292618			
Año	Tiempo (n)	Flujo de caja	Interés	Ecuación	I
2023	0	153424,8	46%	$I = \frac{F}{(1+i)^n}$	153424,8
2024	1	154703,34			106691,9586
2025	2	155937,13			74167,48209
2026	3	157122,75			51538,89153
2027	4	158256,63			35800,56734
TOTAL				TIR	421623,6996

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

3.4.2.13. Ciclo de recuperación

Al obtener el ciclo de recuperación se va a determinar al tiempo efectivo de retorno de la inversión y con estos cálculos se podrá observar los primeros beneficios de implementación del proyecto.

Tabla 40-3: Ciclo de recuperación del proyecto

Periodo (años proyectados)	Flujo de caja (I)	Flujo acumulado
0	-292618	-292618
1	153424,8	-139193,2
2	154703,34	15510,14
3	155937,13	171447,27
4	157122,75	328570,02
5	158256,63	486826,66

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

La tabla 40 – 3 muestra el flujo acumulado en relación al periodo de 5 años estimados, el valor fue computado partiendo de la inversión calculada en el VAN con una tasa del 10% de descuento, empezando con el periodo 0 de –292618\$ que es la inversión inicial, y a cada flujo se le adiciona el valor del año siguiente, teniendo así un flujo acumulado de 486826,66\$ en el último año. Con estos valores se puede calcular el ciclo de recuperación (PDR), con la siguiente fórmula:

$$PDR = \text{último periodo acumulativo} + \frac{|\text{último flujo acumulado negativo}|}{\text{flujo de caja del año siguiente}}$$

$$PDR = 1 + \frac{|-139193,2|}{153424,8}$$

$$PDR = 1,90$$

El valor de PDR calculado es de 1,90 que quiere decir que en 1 año 9 meses, se recupera la inversión inicial de 292618\$.

3.4.2.14. Beneficio del costo del proyecto técnico

Para determinar si es viable la guía técnica para la implementación de la línea de producción, se rige a los siguientes criterios:

$$\frac{b}{c} < 1, \text{ se rechaza}$$

$$\frac{b}{c} = 1, \text{ es indiferente}$$

$$\frac{b}{c} > 1, \text{ se acepta}$$

Entonces el beneficio del costo se calcula de la siguiente manera:

$$BC = \frac{BENEFICIO}{COSTO}$$

$$BC = \frac{486826,66}{421623,6996}$$

$$BC = 1,155$$

El valor de la relación entre el beneficio y costo es de 1,155 mayor a 1, por lo tanto, el proyecto técnico se acepta como viable para la obtención de sémola de maíz en la pequeña industria SIMAA.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Factibilidad Técnica

4.1.1. Caracterización del griz fino de maíz y sémola

Con la obtención de los productos finales como es el griz fino de maíz y sémola, es necesario tomar en cuenta la caracterización fisicoquímica y microbiológica, de dichos productos, por lo tanto, se debe cumplir con los siguientes requisitos, tomando en cuenta la norma INEN 2051:2013.

Tabla 1-4: Requisitos físicos

Requisito	Método de ensayo	Valores		Valores (obtenidos a nivel de laboratorio)
		Mínimo	Máximo	
Humedad, harina y sémola % (m/m)	NTE INEN 2051:2013	-	13,0 %	12,81
Humedad, griz % (m/m)	NTE INEN 2051:2013	-	14,0 %	13,78

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Tabla 2-4: Requisitos de la sémola, harina, griz del maíz

Producto/Requisito	Método de ensayo	Sémola	Gritz	Valores (obtenidos a nivel de laboratorio)
Proteína % mínimo	NTE INEN 2051:2013	7,0 *	7,0 *	9,87
Ceniza % mínimo	NTE INEN 2051:2013	1,0 *	1,0 *	0,73
Grasa % máximo	NTE INEN 2051:2013	2,25 *	2,25 *	1,38
Ceniza, proteína y grasa: en base seca				

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Tabla 3-4: Requisitos microbiológicos

MICROORGANISMO	Número de muestras que se van a examinar	Número de muestras permisibles con resultados entre m y M	VALORES			Valores (obtenidos a nivel de laboratorio)
			M	M	Método de ensayo	
Mohos	5	2	10 ²	10 ⁵	NTE INEN 2051:2013	30

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

Tabla 4-4: Contaminantes

Metal	Requisito	Método de ensayo	Valores (obtenidos a nivel de laboratorio)
Plomo, mg/kg	0,2	NTE INEN 2051:2013	< 0,05
Aflatoxinas, ug/kg (ppb)	20	NTE INEN 2051:2013	< 5

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

4.2. Cálculos de ingeniería y dimensionamiento del proceso

Para el diseño del proceso de elaboración de griz fino de maíz y sémola, se realizó, cálculos y dimensionamiento importantes dentro de la transformación, por consiguiente, se resume los resultados de los equipos involucrados dentro de la línea de producción:

Tabla 5-4: Resultados de cálculos y dimensionamiento

Critero	Valor	Unidades
Silo		
Altura	11,25	m
Altura del techo	1,70	m
Diámetro	2,55	m
Volumen del cilindro	48,772	m ³
Volumen del cono	2,894	m ³
Volumen del silo	51,666	m ³
Material	Acero galvanizado	-
Silo Pulmón		
Altura del prisma rectangular	3,10	m
Ancho del prisma rectangular	1,09	m
Largo del prisma rectangular	2,32	m
Volumen del prisma rectangular	7,839	m ³
Área de la base (pirámide de base rectangular)	2,529	m ²
Altura de la pirámide	1,35	m
Volumen de la pirámide	1,138	m ³
Volumen del Silo Pulmón	8,977	m ³
Material	Acero galvanizado	-
Limpieza		
Lado del equipo	1,3	m
Ancho del equipo	1,4	m
Altura del equipo	2,10	m
Volumen del equipo	3,822	m ³
Por aire ciclón		
Velocidad de ingreso de la partícula al ciclón	0,54	m/s
Presión	150	Psi
Equipo de residuos del ciclón		
Capacidad	500	kg
Altura del prisma rectangular	1,30	m
Ancho del prisma rectangular	1,25	m
Largo del prisma rectangular	1,66	m
Volumen del prisma rectangular	2,698	m ³
Área de la base (pirámide de base rectangular)	2,075	m ²
Altura de la pirámide	2	m
Volumen de la pirámide	1,383	m
Volumen del equipo	4,081	m ³
Base del soporte del equipo		

Altura	2,80	m
Ancho	1,26	m
Largo	1,67	m
Por vibración de motores		
Número de motores	2	-
Potencia de motores	2	HP
Nº de malla	7 - 8	mm
Humectación		
Capacidad de reservorio	5000	L
Material del reservorio	Polietileno de alta densidad	-
Caudal máximo de ingreso de agua	1,8	l/min
Tubería	3/4	in
Diámetro exterior de la tubería	0,0267	m
Longitud de la tubería	50	m
Área de superficie	4,194	m²
Velocidad de la aspersión	$7,153 \times 10^{-6}$	m/s
Equipo de Humectación		
Lado del equipo	2,225051	m
Ancho del equipo	0,30007	m
Altura del equipo	3,6383	m
Volumen total del equipo	0,246	m³
Tornillo sin fin del silo al elevador del silo pulmón		
Diámetro del canalón	0,30	m
Coefficiente de relleno	0,25	-
Área de relleno del canalón	0,0177	m²
Paso del tornillo	0,25	m
Velocidad de giro	60	rpm
Velocidad de desplazamiento	0,25	m/s
Densidad del material	760	kg/m³
Capacidad de transporte	13,3812	ton/h
Longitud del transportador	0,94	m
Potencia para el desplazamiento horizontal	0,0411	KW
Potencia de impulso del tornillo	0,0141	KW
Potencia de accionamiento	0,0552	KW
Material	Acero galvanizado	
Tornillo sin fin del silo pulmón a la carga para la limpieza		
Diámetro del canalón	0,25	m
Coefficiente de relleno	0,25	-
Área de relleno del canalón	0,0123	m²
Paso del tornillo	0,20	m
Velocidad de giro	65	rpm
Velocidad de desplazamiento	0,2167	m/s
Densidad del material	760	kg/m³
Capacidad de transporte	4,836	ton/h
Longitud del transportador	3,414	m
Potencia para el desplazamiento horizontal	0,0540	KW
Potencia de impulso del tornillo	0,04268	KW
Altura del transportador del tornillo sin fin	1,243	m
Potencia ejercida para un tornillo inclinado	0,0164	KW
Potencia de accionamiento	0,1131	KW
Material	Acero galvanizado	
Tornillo sin fin dentro de la humectación		
Diámetro del canalón	0,18	m
Coefficiente de relleno	0,25	-
Área de relleno del canalón	$6,36 \times 10^{-3}$	m²
Paso del tornillo	0,05376	m
Velocidad de giro	50	rpm
Velocidad de desplazamiento	0,0448	m/s

Densidad del material	760	kg/m^3
Capacidad de transporte	0,862	ton/h
Longitud del transportador	1,95	m
Potencia para el desplazamiento horizontal	$5,50 \times 10^{-3}$	KW
Potencia de impulso del tornillo	0,01755	KW
Potencia de accionamiento	0,02305	KW
Material	Acero galvanizado	
Tornillo sin fin de la celda reposo al desgerminador		
Diámetro del canalón	0,18	m
Coefficiente de relleno	0,25	-
Área de relleno del canalón	$6,36 \times 10^{-3}$	m^2
Paso del tornillo	0,05376	m
Velocidad de giro	50	rpm
Velocidad de desplazamiento	0,0448	m/s
Densidad del material	760	kg/m^3
Capacidad de transporte	0,862	ton/h
Longitud del transportador	2,20	m
Potencia para el desplazamiento horizontal	$6,201 \times 10^{-3}$	KW
Potencia de impulso del tornillo	0,0198	KW
Potencia de accionamiento	0,026001	KW
Material	Acero galvanizado	
Celda de reposo y almacenamiento		
Altura del prisma rectangular	2,10	m
Ancho del prisma rectangular	2,20	m
Largo del prisma rectangular	2,29	m
Volumen del prisma rectangular	10,579	m^3
Área de la base (pirámide de base rectangular)	5,038	m^2
Altura de la pirámide	1,72	m
Volumen de la pirámide	2,888	m^3
Volumen de la celda	13,467	m^3
Material	Acero galvanizado	-
Desgerminador		
Capacidad	1 a 3	ton/h
Lado del equipo	1,935	m
Ancho del equipo	0,735	m
Altura del equipo	0,892	m
Volumen	1,269	m^3
Molino de rodillos		
Número de rodillos	3	-
Coefficiente de fricción	0,4360	μ
Ángulo de separación entre rodillos	47,114	$^\circ$
Diámetro de los rodillos	128	mm
Longitud de contacto entre rodillos	23,336	mm
Longitud de los rodillos	200	mm
Capacidad de trituración	1,579	m^3/h
Revoluciones por minuto de los rodillos	194,483	rpm
Potencia del molino	14,75	HP
Ley de Rittinger (Energía necesaria para reducir una unidad de masa de la alimentación)	14,75	$\frac{HP \times h}{ton}$
Lado del equipo	1,2	m
Ancho del equipo	0,7	m
Altura del equipo	1,8	m
Volumen	1,512	m^3
Plansifter		
Lado del equipo	0,702	m
Ancho del equipo	0,702	m
Altura del equipo	1,4	m

Volumen	0,690	m ³
Envasado		
Equipo	Báscula de envasado de polvo LCS – 25/50	Modelo

Realizado por: Silva, Cristian. 2023

4.3. Análisis de la validación técnica y económica

Con la interpretación de todo lo calculado en la validación técnica y económica, se observa que teniendo una inversión fija de 250000 \$, que es el costo de la línea de producción para los dos productos, y teniendo en cuenta costos de materia prima e insumos, de trabajadores y servicios básicos en la pequeña industria SIMAA, se obtiene un capital de trabajo de 42618 \$ y anual de 511416 \$, con estos datos se llega a obtener la inversión total de 292618 \$, entonces, con todos los costos involucrados en la línea de producción, como costos de producción anual se tiene 514766 \$.

Para el precio de venta al público del griz fino se obtiene un aproximado de 14 \$ por unidad y para la sémola un aproximado de 47 \$ por unidad, es así que se obtiene una ganancia mensual de 12785,4 \$, con esto en el punto de equilibrio se obtiene 380403,40 \$, es decir que la empresa debe vender esta cantidad para recuperar la inversión.

Como parte final del análisis de la viabilidad económica, se hace una proyección de flujo a 5 años para el proyecto, en donde se obtiene un VAN de 649077,9209 \$, valor mayor a 0, también un TIR del 45% mayor al 10% de la tasa de interés propuesta, un BC (beneficio/costo) DE 1,15 mayor a 1, llegando a la conclusión de que la guía técnica es aceptable para su implementación y obtener los productos de griz fino y sémola, teniendo en cuenta un PDR de 1,90, lo que quiere decir que en 1 año 9 meses se recupera la inversión inicial de 292618\$.

CONCLUSIONES

- Se diseñó el proceso de elaboración de gritz fino y sémola a partir de maíz amarillo, obteniendo como resultado distintos productos, de los cuales se destaca el gritz fino de maíz y la sémola, productos indispensables para la pequeña industria SIMAA, dentro del mercado nacional para la elaboración de snacks, el gritz de maíz sirve como materia prima en distintas empresas industrializadas a nivel nacional.
- Se realizó la caracterización física, química y microbiológica de la materia prima, maíz amarillo (*Zea Mays L*) de acuerdo a la norma técnica INEN 187:2013, con resultados obtenidos dentro de los parámetros que brinda la norma, por lo tanto, la materia prima usada por la pequeña industria SIMAA cumple con la calidad requerida para la elaboración del gritz fino y sémola.
- Se identificó las variables, los parámetros y las operaciones unitarias necesarias para el diseño del proceso industrial de elaboración de gritz fino y sémola, teniendo en cuenta el flujo de producción, construyendo así la línea de producción dependiendo de las necesidades, tiempos, equipos y procesos indispensables para tener un importante rendimiento y sustentar las debidas producciones y de esta manera poder enviar los productos obtenidos a las diferentes empresas que la utilizan como materia prima.
- Se aplicó cálculos de ingeniería para todo el dimensionamiento del diseño productivo del gritz fino y sémola, teniendo en cuenta que la línea de producción consta de los siguientes equipos: silo, silo pulmón, equipo de limpieza (ciclón y vibración de motores), celdas de reposo, desgerminador, molinos de rodillos, plansifters, equipo de envasado y todo con sus debidos tornillos sin fin, para lograr tener una mejor calidad y obteniendo rendimientos del 57,60% para el gritz de maíz y un 34,56% para la sémola.
- Se realizó la validación técnica y económica, teniendo como primer punto la validación técnica del gritz fino y sémola mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica teniendo en cuenta la norma INEN 2051:2013, con resultados obtenidos dentro de los parámetros establecidos en la norma, por lo tanto, los productos obtenidos son aptos para el consumo humano y de calidad para usarlos como materias primas en producción de snacks y como validación económica se realizó a través del análisis del PVP, PE, VAN, TIR con resultados de 55403,4 \$, 380403,40 \$, 649077,9209 \$, 45%, para la sémola y gritz fino de

maíz, llegando a la conclusión de que el proyecto es viable y se van a obtener ganancias a partir de 1 año y 9 meses de la implementación de la línea de producción.

RECOMENDACIONES

Cumplir con los POES establecidos dentro del sistema de gestión de calidad implementado en la empresa.

Controlar parámetros como tiempo y flujo durante la humectación del maíz, ya que, si se excede la humedad del maíz, no se cumple con la norma y a la vez afectará la calidad de los productos finales.

Tener cuidado al momento de envasar los productos obtenidos en la línea de producción, ya que pueden existir muchas pérdidas y además tener residuos metales al momento de su producción, es por eso que antes de entrar al envasado se recomienda tener en cuenta un imán de metales que retenga ese tipo de residuos.

Al momento de realizar el tamizado en los plansifters, tener en cuenta los números de malla correctos para su debido manejo y obtención de los productos, la organización de las mallas es fundamental para obtener un mejor producto y no muchos desperdicios.

BIBLIOGRAFÍA

AGRO GRAIN S.A. *Derivados del maíz para la industria alimenticia*. [Blog]. 2023. [Consulta: 12 junio 2023]. Disponible en: <https://agrograin.com/grits/>

ALCÁNTARA, J. "Diseño práctico de un molino de bolas". *Ciencias Marinas*, [En línea]. 2005.vol. 49(1),pp.45-56. [Consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15998525>

ANGULO, F. *MOLINO PENDULAR DE 8000 Kg/h*. [En línea]. 2013. pp. 1–101. [Consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/2730/1/36669-1.pdf>

BACA, L. La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria [En línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, 2016. p.28. [Consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relacion con la soberania alimentaria - Luis Al.pdf?sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La%20produccion%20de%20maiz%20amarillo%20en%20el%20Ecuador%20y%20su%20relacion%20con%20la%20soberania%20alimentaria%20-%20Luis%20Al.pdf?sequence=1)

BALCAZAR, M., & GUAMBA, J. Diseño de un Triturador de Cacao. [En línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2009. p. 41. [Consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1393/1/CD-2150.pdf>

BRITO, H. *Texto Básico de Operaciones Unitarias I* [En línea]. Ecuador: Docucentro ESPOCH, (2000), pp. 32-33. [Consulta: 14 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313673724>

BURBANO ORMAZA, V. A. Efecto de la mezcla griz de maíz (*Zea mays*), Fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) y diámetro de boquilla en el producto extrusado [En línea], (trabajo de titulación) (grado). Ecuador. 2018. pp.42-91. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8456>

DÁVILA, J. L., & ÁLVAREZ, C. (2011). Diseño y construcción de un molino de atricción para moler materiales cerámicos [En línea]. (Trabajo de titulación) (grado). Escuela Politécnica Nacional. Ecuador, 2011. pp. 1-2. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3920>

DE LA VEGA, G. "Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales". *Temas de Ciencia y Tecnología*, [En línea] 2009. 13(38), 27–32. [Consulta: 01 octubre 2023]. Disponible en: [http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS 38-1.pdf](http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf)

DONGMO, H., TAMBO, S. T., TEBOUKEU, G. B., MBOUKAP, A. N., FOTSO, B. S., TEKAM DJUIDJE, M. C., & KLANG, J. M. "Effect of process and variety on physico-chemical and rheological properties of two corn flour varieties (Atp and Kassai)". *Journal of Agriculture and Food Research*, [En línea]. 2020, p.100075. [Consulta: 01 octubre 2023]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100075>

- GARCÍA, M.** Tecnología de Cereales. [En línea]. (Trabajo de titulación) (grado).Universidad de Granada. España. 2014. pp. 24-26. [Consulta: 01 octubre 2023]. Disponible en: <https://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>
- LEZCANO, E., & CUGGINO, M.** "Desarrollo de alimentos precocidos por extrusión a base de maíz-leguminosa". *Alimentos Argentinos*, [En línea] 2019. 50, 1–90. [Consulta: 15 octubre 2023].Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/60>
- MARTÍNEZ, C.** *Tipos de molinos en la industria alimentaria*.2015. pp. 1–4.
- ORTIGOZA, J., LÓPEZ, C., & GONZALEZ, J.** "Guía técnica del cultivo de maíz". *Guia Técnica, El Cultivo Del Maíz*. [En línea] 2019. Vol. 1. pp. 15-18. [Consulta: 18 octubre 2023]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- RIOS, C.** LABORES DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO AGRONÓMICO DE CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L). [En línea]. (Trabajo de titulación) (grado).Universidad de Córdoba, Argentina, 2023. pp. 31–41. [Consulta: 14 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/d1f5f68a-b6c9-4bd9-87ea-041800bd65c1/content>
- RITVA, C., PILCO, J., & ZELADA, R.** "Desarrollo y elaboración de un snack estruido a partir de quinua *Chenopodium quinoa* y maíz *Zea mays* L". *Ingeniería Industrial*, [En línea] 2011. 10. p 210. [Consulta: 14 noviembre 2023] .Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321009831_Desarrollo_y_elaboracion_de_un_snack_extruido_a_partir_de_quinua_Chenopodium_quinoa_Willd_y_maiz_Zea_mays_L
- RODRIGUEZ, E.** "Silo metálico". *Manejo de Los Granos Almacenados*,[En línea] 2015. 1–6. [Consulta: 14 noviembre 2023]. Disponible en: https://www.shareweb.ch/site/Agriculture-and-Food-Security/focusareas/Documents/phm_postcosecha_metal_silo_handling_s.pdf
- RODRÍGUEZ, H.** *Cálculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin*. [Blog]. Ingemecánica (Ingeniería, Consultoría y Formación). 2016. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>
- SALAS, C.** Diseño de un molino de rodillos para molienda de granos, destinado al área de alimentos del CESTTA - ESPOCH. (Trabajo de titulación) (grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2012. pp. 30-31.
- SIFRE, M. D., PERAIRE, M., SIMÓ, D., SEGURA, A., SIMÓ, P., LA, P. T., & PÁG, H.** La harina. 2018.p. 3. [Consulta: 1 noviembre 2023]Disponible en: <https://bibliotecavirtualsenior.es/wp-content/uploads/2019/06/LA-HARINA.pdf>
- URANGO, L.** "Componentes del maíz en la nutrición humana". *Fondo Editorial Biogénesis*, 2018. [En línea], 2018. p 193. [Consulta: 23 noviembre 2023] Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336229>
- WARREN L. MCCABE, JULIAN C. SMITH, PETER HARRIOT, R. H. C.** "Operaciones unitarias en ingeniería química". *Journal of Chemical Information and Modeling*,[En línea]. 2013.

53(9),

1689–1699.

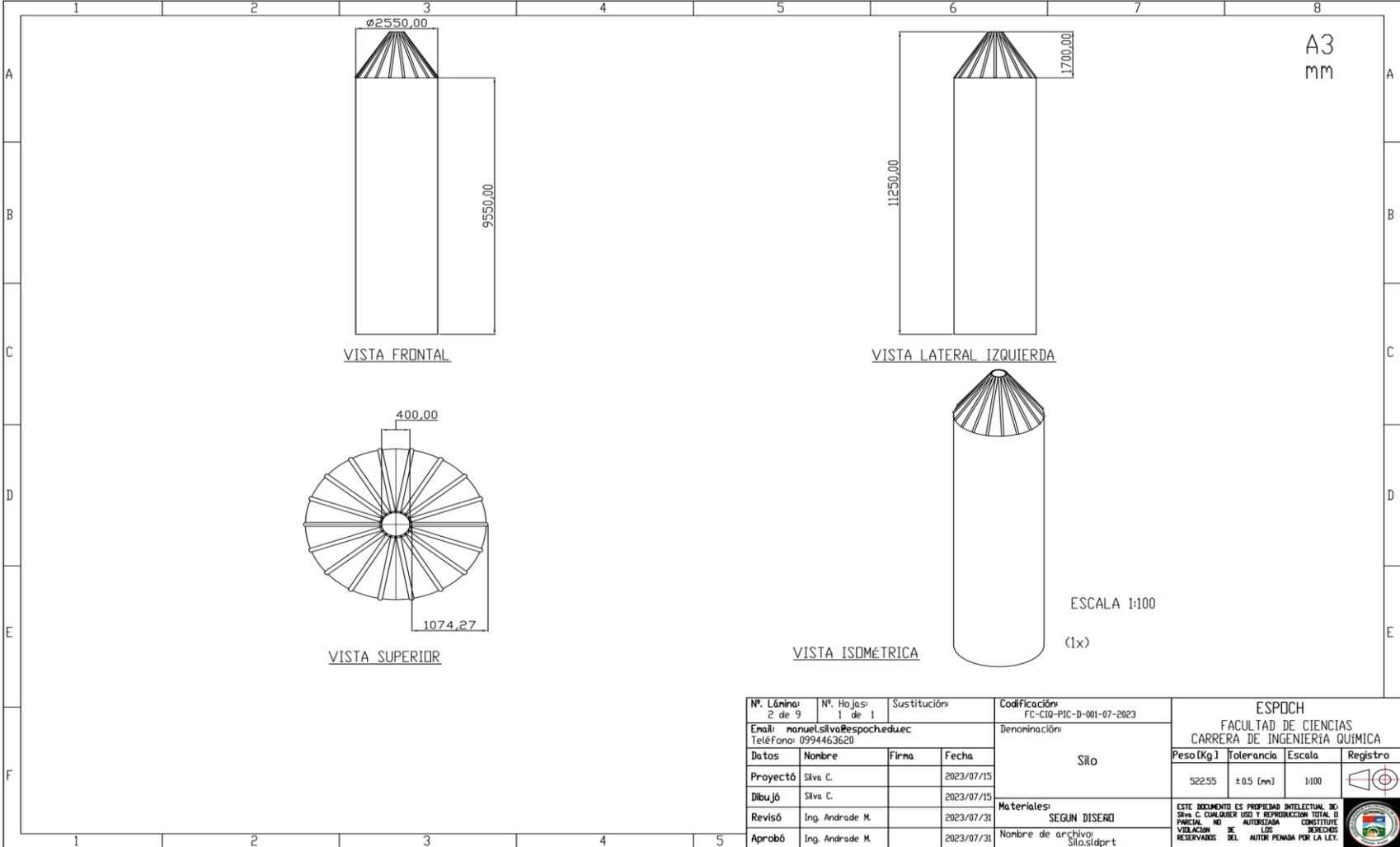
Disponible

en:

<https://ingenieriaquimicaunefazulia.files.wordpress.com/2011/05/operaciones-unitarias-a.pdf>

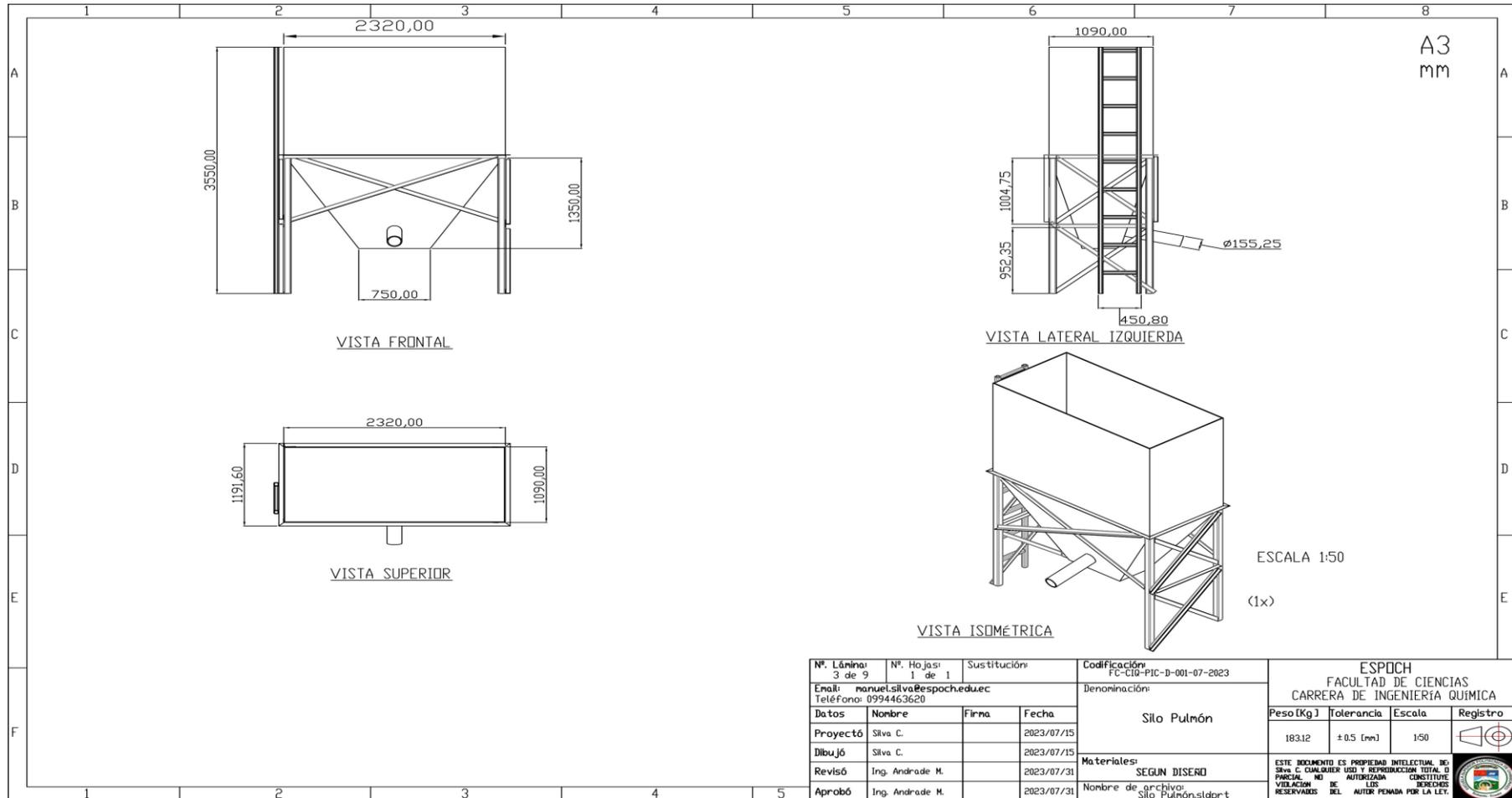


ANEXO A. PLANO DEL SILO

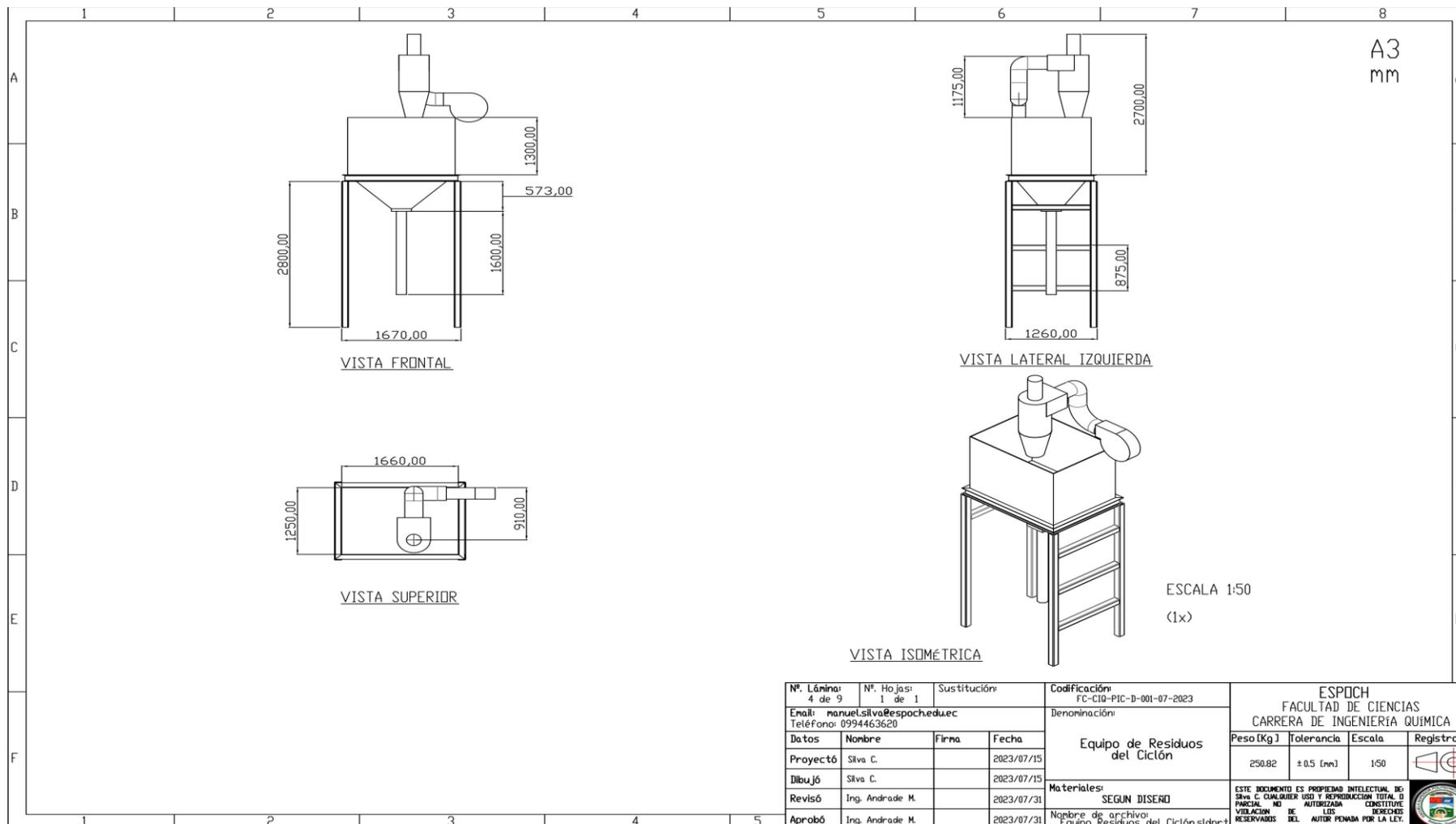


Nº. Lámina: 2 de 9		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FC-CIQ-PIC-D-001-07-2023		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Email: manuel.silva@espochedu.ec Teléfono: 0994463620						Denominación: Silo		Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha					52255	± 0.5 [mm]	1:100	
Proyectó	Silva C.		2023/07/15								
Dibujó	Silva C.		2023/07/15								
Revisó	Ing. Andrade M.		2023/07/31								
Aprobó	Ing. Andrade M.		2023/07/31								
						Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE SILVA C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
						Nombre de archivo: Silo.sldprt					

ANEXO B. PLANO DEL SILO PULMÓN

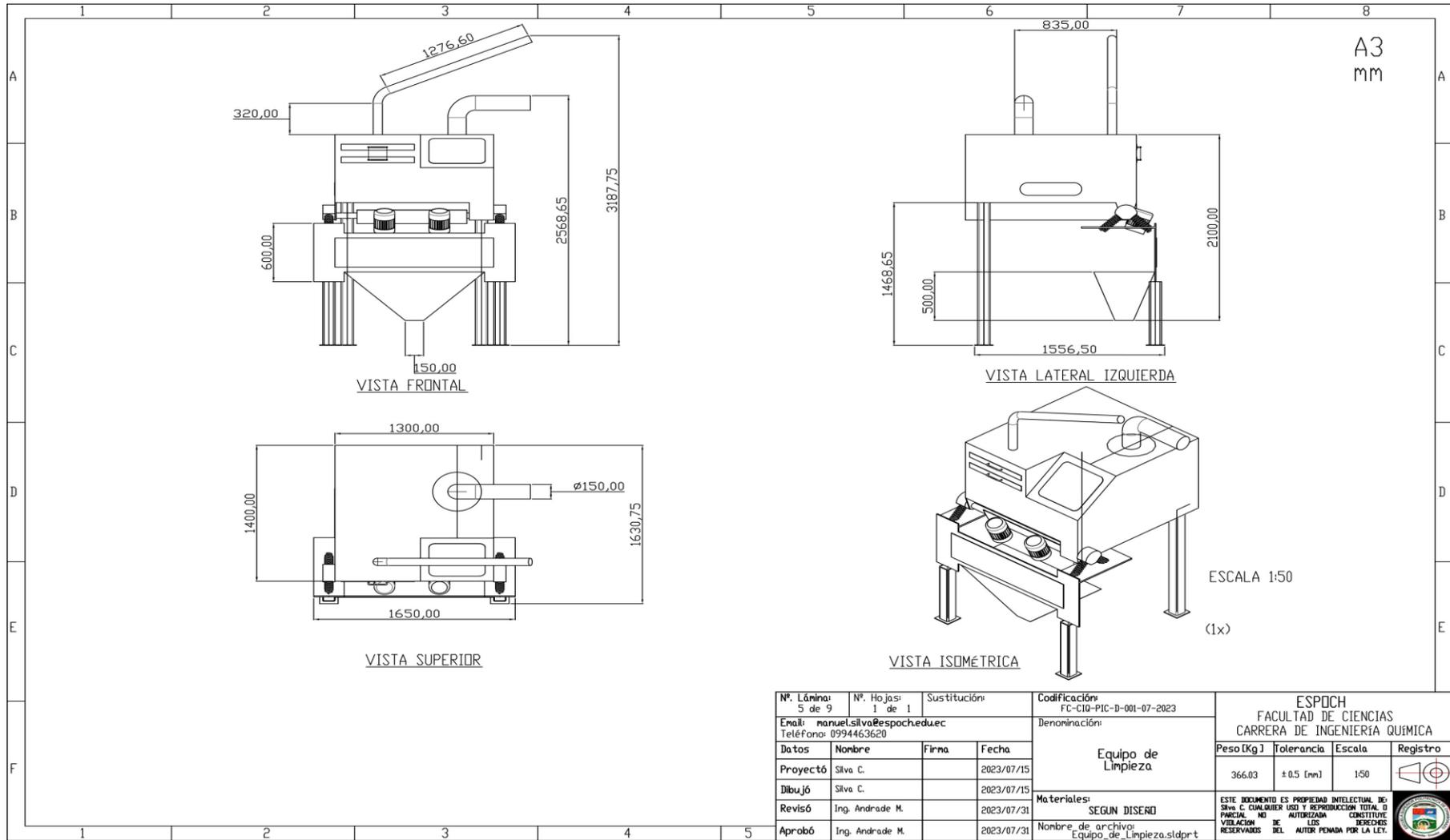


ANEXO C. PLANO DEL EQUIPO DE RESIDUOS DEL CICLÓN



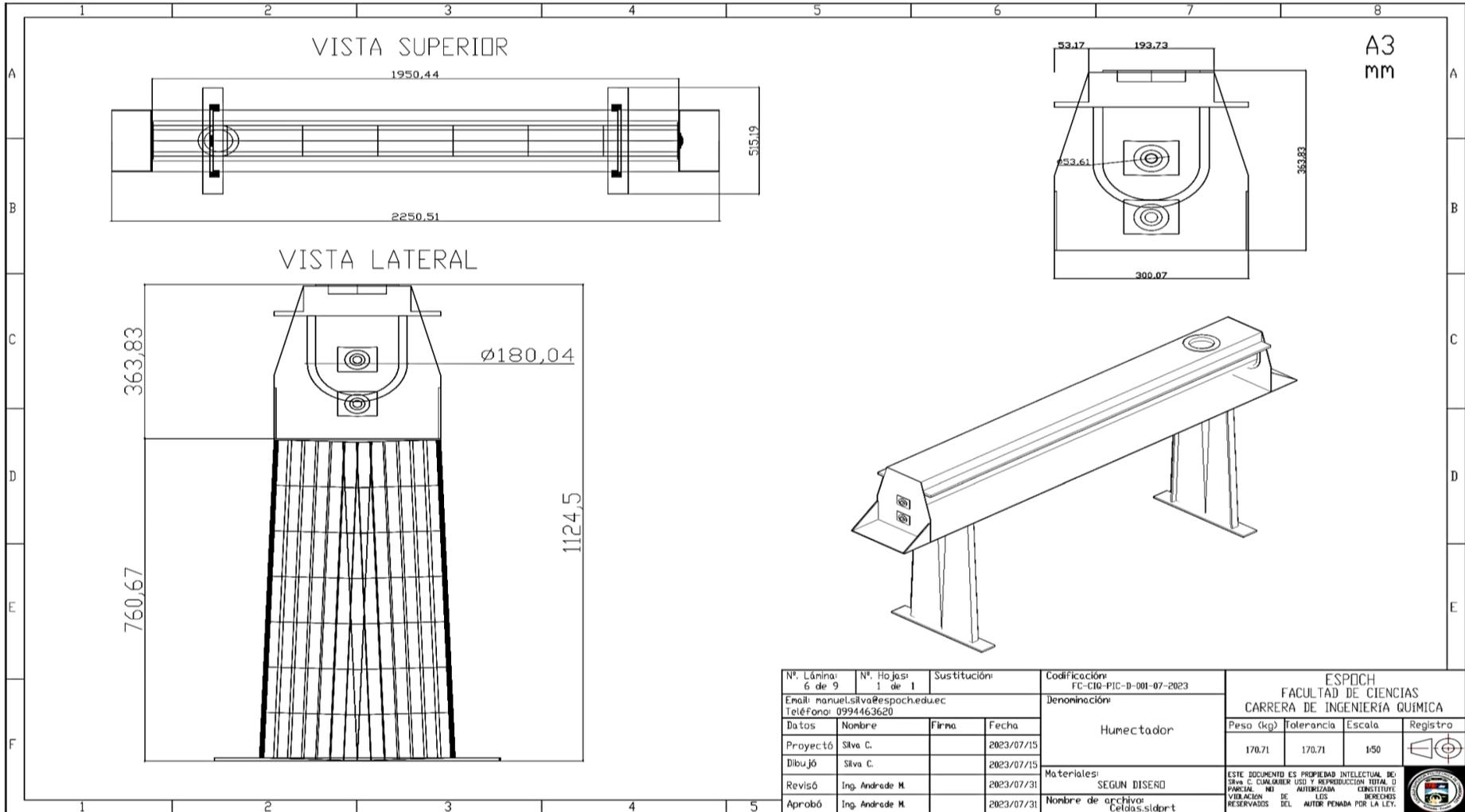
Nº. Lámina: 4 de 9	Nº. Hojas: 1 de 1	Sustitución:	Codificación: FC-CIQ-PIC-D-001-07-2023	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA				
Email: manuel.silva@espocheduc Teléfono: 0994463620			Denominación: Equipo de Residuos del Ciclón		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó		Silva C.	Fecha		250.82	± 0.5 [mm]	1/50	
Dibujó		Silva C.	Fecha					
Revisó		Ing. Andrade M.	Fecha					
Aprobó		Ing. Andrade M.	Fecha					
			Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE: SIN O CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
			Nombre de archivo: Equipo_Residuos_del_Ciclón.sldprt					

ANEXO D. PLANO DEL EQUIPO DE LIMPIEZA

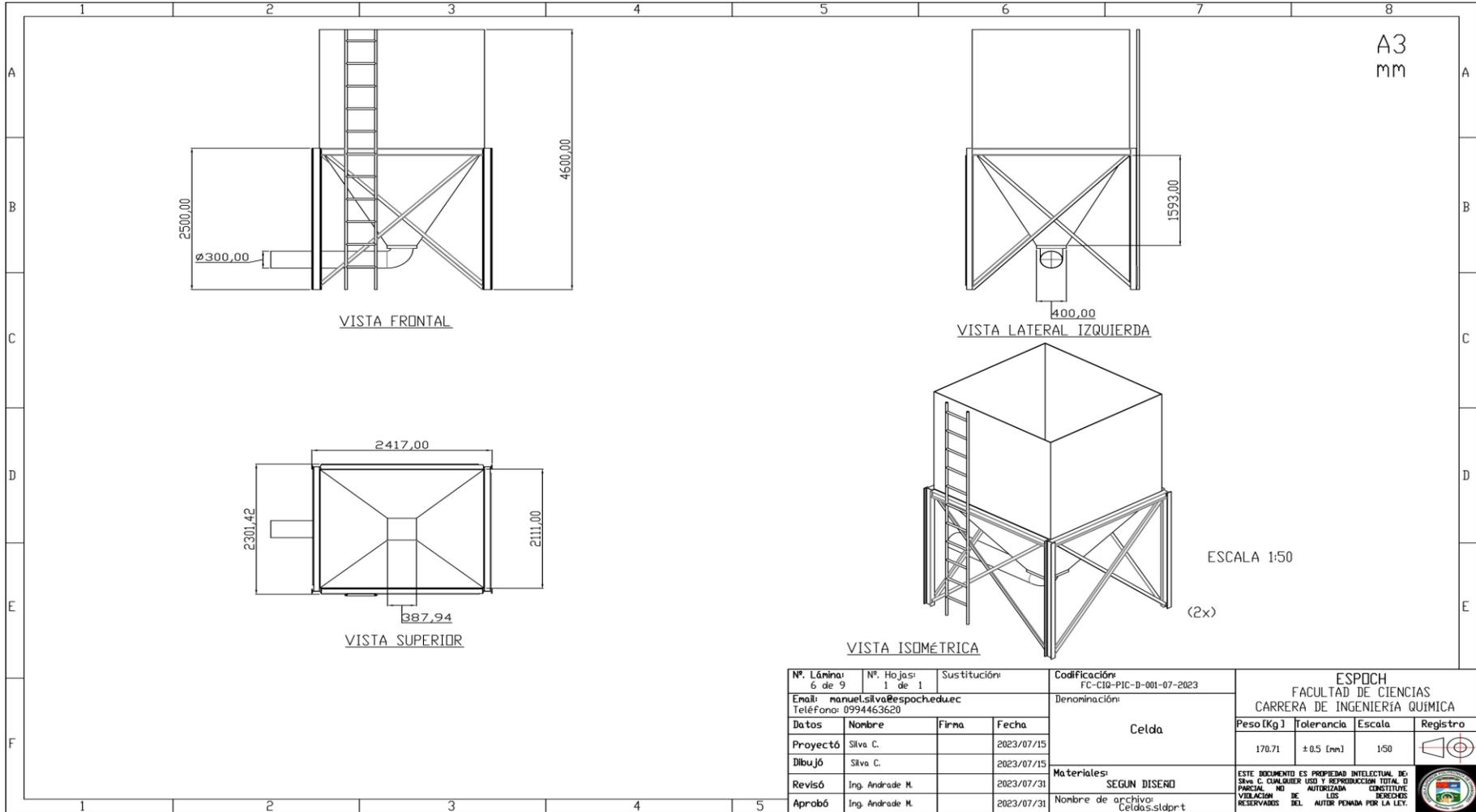


Nº. Lámina: 5 de 9		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FC-CIO-PIC-D-001-07-2023		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA									
Email: manuel.silva@espochedu.ec Teléfono: 0994463620						Denominación:						<table border="1"> <tr> <th>Peso [Kg]</th> <th>Tolerancia</th> <th>Escala</th> <th>Registro</th> </tr> <tr> <td>366.03</td> <td>± 0.5 [mm]</td> <td>1:50</td> <td></td> </tr> </table>		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro														
366.03	± 0.5 [mm]	1:50															
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Equipo de Limpieza		Materiales: SEGUN DISEÑO		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE SILVA C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>									
Proyectó	Silva C.		2023/07/15														
Dibujó	Silva C.		2023/07/15														
Revisó	Ing. Andrade M.		2023/07/31														
Aprobó	Ing. Andrade M.		2023/07/31	Nombre de archivo: Equipo_de_Limpieza.sldprt													

ANEXO E. PLANO DEL EQUIPO DE LA HUMECTACIÓN

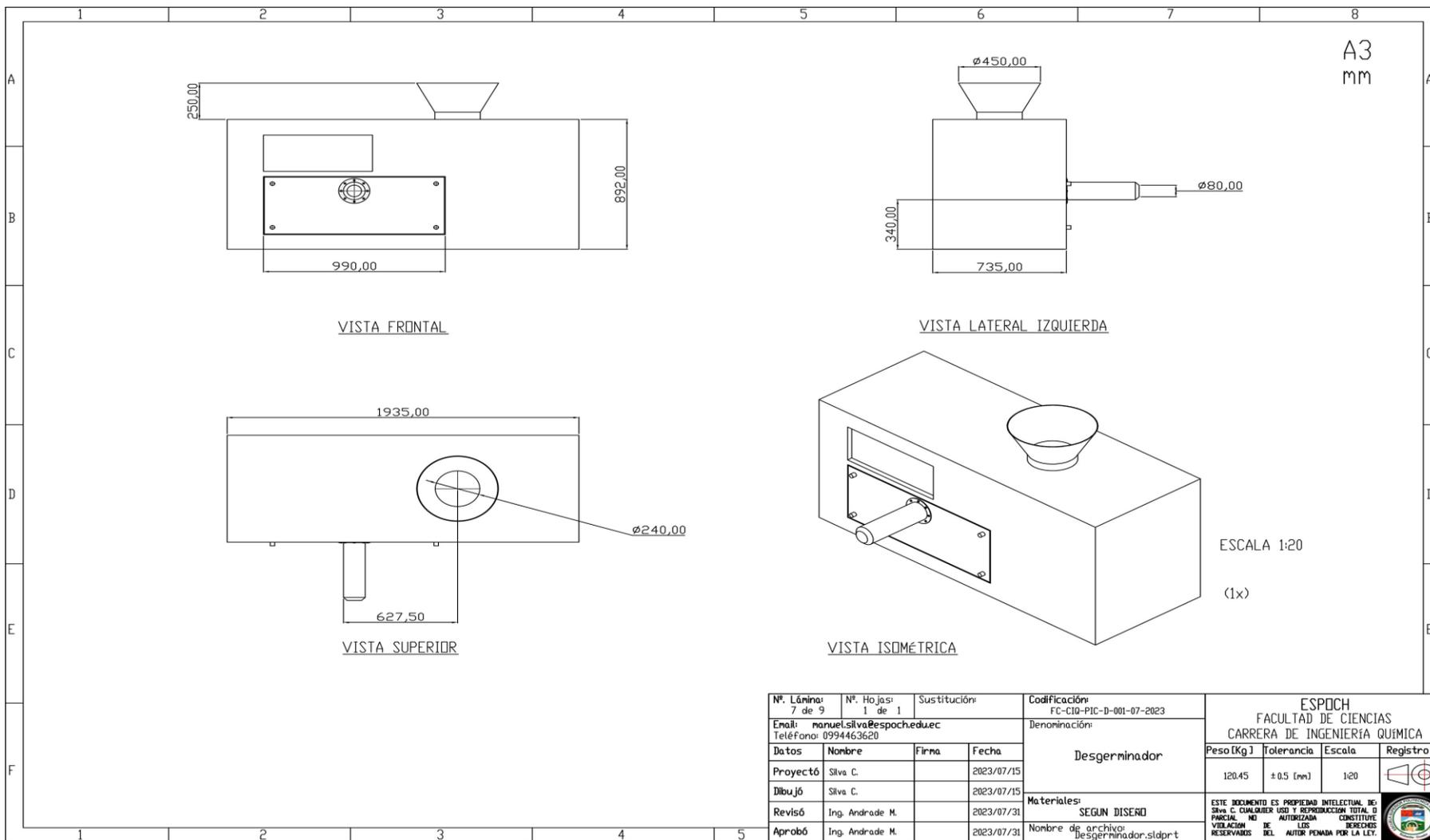


ANEXO F. PLANO DE LA CELDA DE REPOSO



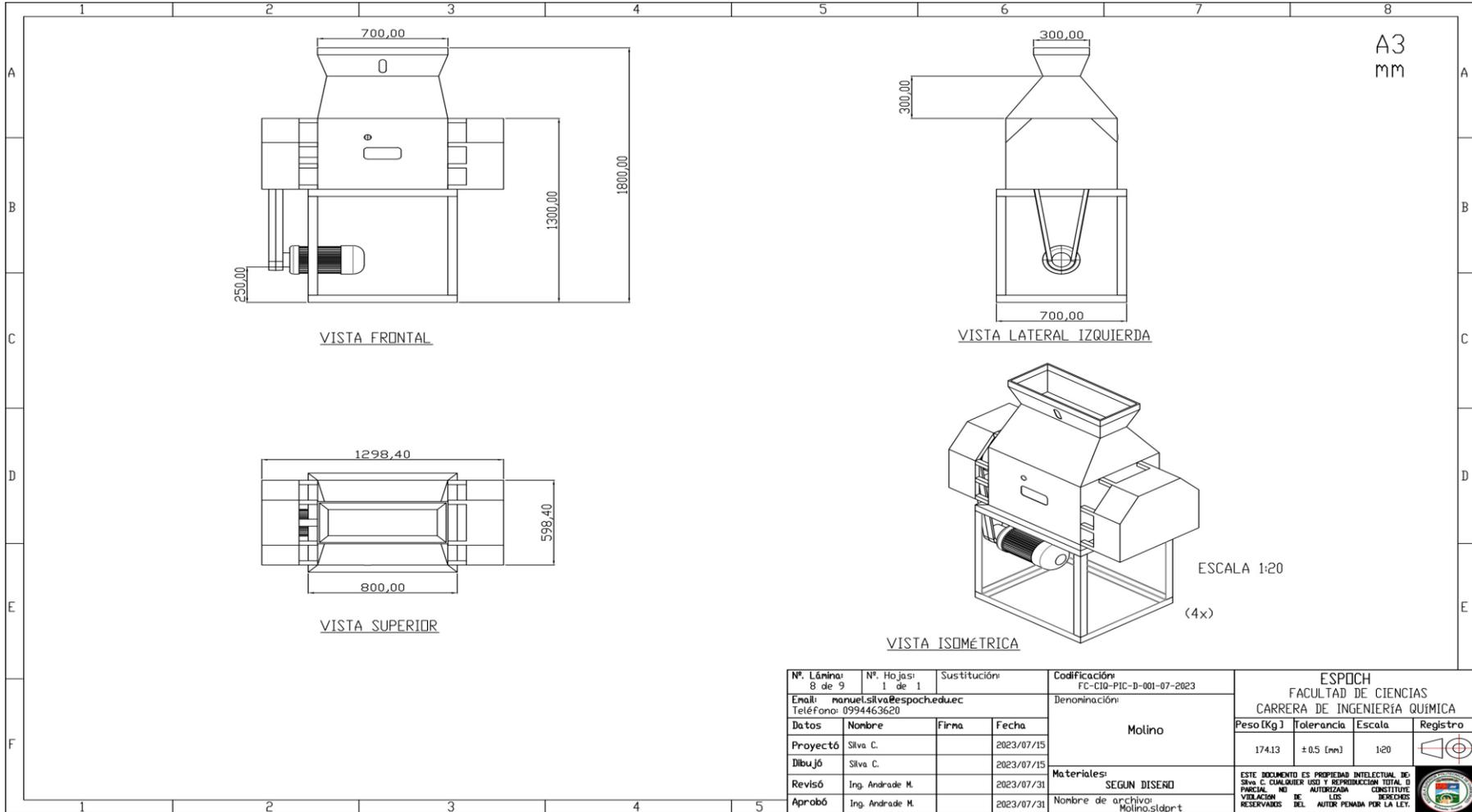
Nº. Lámina: 6 de 9		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FC-CIQ-PIC-D-001-07-2023		ESPDCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA							
Email: manuel.silva@espoch.edu.ec		Teléfono: 0994463620		Denominación: Celda		Peso [Kg]						Tolerancia		Escala	
Proyectó Silva C.		Fecha 2023/07/15		Materiales: SEGUN DISEÑO		Nombre de archivo: Celdas.sldprt		170.71		± 0.5 [mm]		1:50			
Dibujo Silva C.		Fecha 2023/07/31		Revisó Ing. Andrade M.		Fecha 2023/07/31		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE SILVA C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.							
Aprobó Ing. Andrade M.		Fecha 2023/07/31													

ANEXO G. PLANO DEL DESGERMINADOR



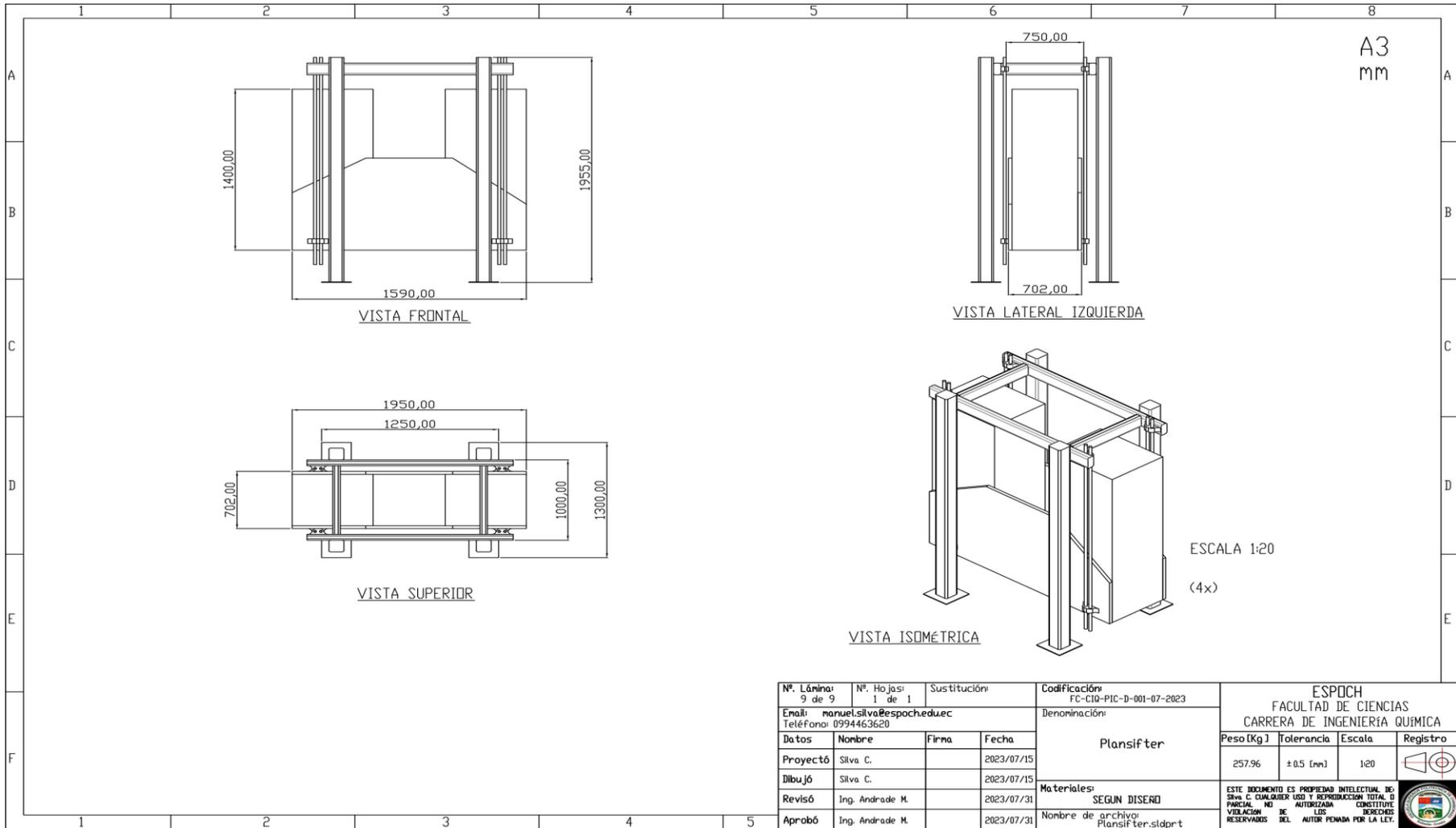
Nº. Lámina: 7 de 9		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FC-CIQ-PIC-D-001-07-2023		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Email: manuel.silva@espochedu.ec Teléfono: 0994463620						Denominación: Desgerminador		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha					120,45	± 0,5 [mm]	1:20	
Proyectó	Silva C.		2023/07/15								
Dibujó	Silva C.		2023/07/15								
Revisó	Ing. Andrade M.		2023/07/31								
Aprobó	Ing. Andrade M.		2023/07/31								
						Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE SILVA C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR FOMADA POR LA LEY.			
						Nombre de archivo: desgerminador.sldprt					

ANEXO H. PLANO DEL MOLINO

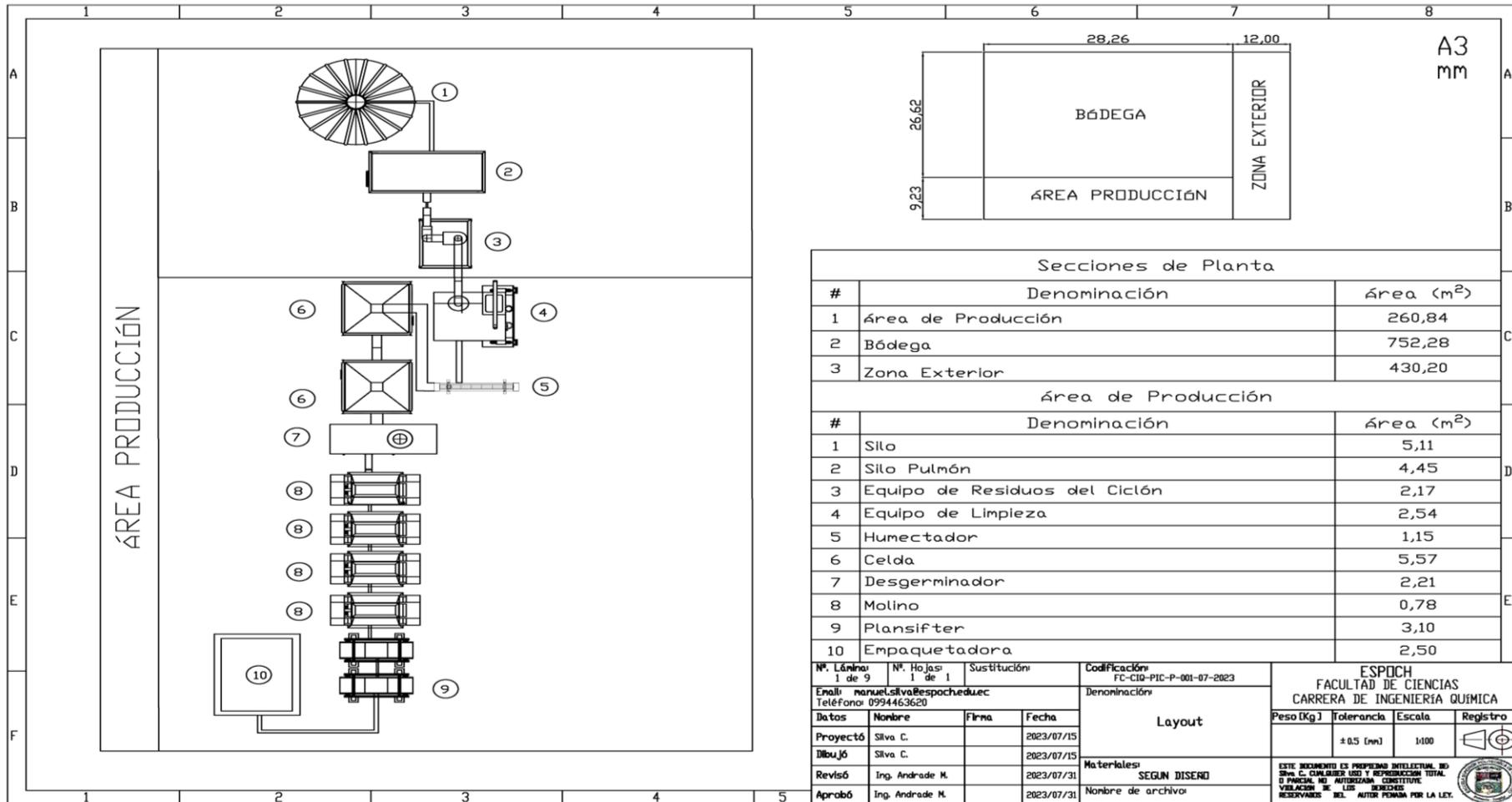


Nº. Lámina: 8 de 9		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FC-CIO-PIC-D-001-07-2023		ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA					
Email: manuel.silva@espochedu.ec		Teléfono: 0994463620		Denominación: Molino		Peso [Kg]						Tolerancia	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: SEGUN DISEÑO		174,13		± 0,5 [mm]		1:20			
Proyectó	Silva C.		2023/07/15	Nombre de archivo: Molino.stdpri								ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE SILVA C. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, SIN AUTORIZACIÓN CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.	
Dibujó	Silva C.		2023/07/15										
Revisó	Ing. Andrade M.		2023/07/31										
Aprobó	Ing. Andrade M.		2023/07/31										

ANEXO I. PLANO DEL PLANSIFTER



ANEXO J. LAYOUT DE LA PEQUEÑA INDUSTRIA SIMAA



Secciones de Planta		
#	Denominación	Área (m ²)
1	Área de Producción	260,84
2	Bódega	752,28
3	Zona Exterior	430,20

Área de Producción		
#	Denominación	Área (m ²)
1	Silo	5,11
2	Silo Pulmón	4,45
3	Equipo de Residuos del Ciclón	2,17
4	Equipo de Limpieza	2,54
5	Humectador	1,15
6	Celda	5,57
7	Desgerminador	2,21
8	Molino	0,78
9	Plansifter	3,10
10	Empaquetadora	2,50

Nº. Lámina: 1 de 9	Nº. Hojas: 1 de 1	Sustitución:	Codificación: FC-CID-PIC-P-001-07-2023	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
Enalí: manuel.silva@espocheduc Teléfono: 0994463620			Denominación: Layout				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó	Silva C.		2023/07/15		± 0,5 [mm]	1:100	
Dibujó	Silva C.		2023/07/15	Materiales: SEGUN DISEÑO		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL. NO SE PUEDE COPIAR, REPRODUCIR, DISTRIBUIR, NI AUTORIZAR SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL. NI AUTORIZAR SU COPIADO. VIGILACIÓN DE LOS DERECHOS RESERVADOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.	
Revisó	Ing. Andrade M.		2023/07/31	Nombre de archivo:			
Aprobó	Ing. Andrade M.		2023/07/31				

ANEXO K. ANÁLISIS FÍSICOS DEL MAÍZ



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERIA QUÍMICA



INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Fecha: 22 de junio del 2023

Análisis solicitado por: Cristian Manuel Silva Franco

Laboratorio: Análisis del agua

Tema: "Diseño del proceso de elaboración de Gritz fino y Sémola a partir de maíz amarillo para la pequeña industria SIMAA"

Tipo de muestras: Maíz (*Zea Mays L.*)

Localidad: Riobamba

Análisis Físicos del maíz

Determinaciones	Unidades	Método	Valores Referenciales NTE INEN 187 2013	Resultados
Materias orgánicas extrañas % (m/m)	%	INEN 187	Max. 1,5	0,35
Materias inorgánicas extrañas % (m/m)	%	INEN 187	Max. 0,5	0,04
Suciedad % (m/m)	%	INEN 187	Max. 0,1	< 0,01
Granos defectuosos % (m/m)	%	INEN 187	Max. 7	0,54
Granos infectados % (m/m)	%	INEN 187	Max. 0,5	0,064
Otros granos	%	INEN 187	Max. 2	< 0,01

Atentamente.

DRA. GINA ALVAREZ

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

ANEXO L. ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL MAÍZ



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERIA QUÍMICA



INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Fecha: 09 de mayo del 2023

Análisis solicitado por: Cristian Manuel Silva Franco

Laboratorio: Bromatología de la Facultad de Ciencias

Tema: “Diseño del proceso de elaboración de Gritz fino y Sémola a partir de maíz amarillo para la pequeña industria SIMAA”

Tipo de muestras: Maíz (*Zea Mays L.*)

Localidad: Riobamba

Análisis Físicoquímico

Determinaciones	Unidades	Método	Valores Referenciales NTE INEN 187 2013	Resultados
Humedad	%	INEN 187	Max. 13,0	5,659

Atentamente.

BQF. PAMELA MORALES
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

ANEXO M. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL GRITZ FINO Y SÉMOLA



INFORME DE ENSAYO NR. 227209

INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
CLIENTE:	SMAA CIALTDA.		
DIRECCION:	CHIMBORAZO / GUANO / SAN ANDRES /		
TIPO DE MUESTRA:	GRITZ DE MAIZ		
TIPO DE PRODUCTO:	GRITZ DE MAIZ		
FECHA DE ELABORACION:	03.05.2021	FECHA DE CADUCIDAD:	03.11.2021
LOTE:	1112121	FORMA DE CONSERVACION:	AMBIENTE
CONTENIDO DECLARADO:	25kg, 45kg, 50kg		
MATERIAL DE ENVASE:	SACOS DE POLIPROPILENO		

INFORMACION DE LA MUESTRA			
CODIGO LABORATORIO:	227209-1	CONTENIDO ENCONTRADO:	1880,2g (Muestra para análisis)
FECHA RECEPCION:	21/05/11	FECHA INICIO ENSAYO:	21/05/11
CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:	Temperatura 20C°	MUESTREO:	Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió

TAMAÑO DE PORCION: 30g

ENSAYOS FISICO QUIMICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO
Humedad	SEF-H (AOAC 925.09)	%	13,78
Proteína F= 6,25	SEF-PDU (AOAC 993.01)	%	6,40
Grasa	SEF-G (AOAC 922.06)	%	1,38
Ácidos Grasos Saturados	SEIN-PL1 (AOAC 963.22)	%	0,25
Ácidos Grasos Monoinsaturados	SEIN-PL1 (AOAC 963.22)	%	0,43
Ácidos Grasos Polinsaturados	SEIN-PL1 (AOAC 963.22)	%	0,70
Grasa trans	CG-M.I	%	0,00
Ceniza	SEF-C (AOAC 923.03)	%	0,73
Fibra	M. INTERNO (AOAC 978.10)	%	1,76
Carbohidratos	CALCULO	%	77,71
Energía Total	CALCULO	kJ/100g	1481
Sodio	SEI-MIN (AOAC 999.11)	mg/100g	0,00
Colesterol	SEIN-CL1 (AOAC 994.10)	mg/100g	0,00
Azúcares totales	SEIN-AZU (AOAC 977.20)	%	0,00

Datos tomados del cuaderno P Pág. 315 / H-RG-02 Pág. 369 / GE-RG-03 Pág. 194 / C-RG-04 Pág. 194 / PL RG-15 Pág. 46 / COL-RG-14 Pág. 52 / MIN-RG-12 Pág. 538 / AZU RG-20 Pág. 37 / F RG-05 Pág. 99

Sodio <4 mg/100g.
Colesterol <0.4 mg/100g.
Azúcares totales <4 mg/100g.

INCERTIDUMBRE:			
PARAMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE	PARAMETRO FISICO QUIMICO	INCERTIDUMBRE
HUMEDAD	L±0,10% (Rangos menores al 5%) L±0,04% (Rangos mayores al 5%)	GRASA	L±0,31% (Rangos menores al 1%) L±0,1% (Rangos menores al 10%) L±0,04% (Rangos mayores al 10%)
PROTEINA	L±0,06%	CENIZA	L±0,11% (Rangos < al 1,5%) L±0,04% (Rangos mayores al 1,5%)

La incertidumbre expandida reportada esta basada en una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de aproximadamente un 95%.

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote.

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente,

21/05/21
FECHA EMISION

Firmado digitalmente por: NORMA EDITH AMORES AMORES Fecha y hora: 2021-05-21 16:03:12

Confidencialidad e Imparcialidad

Seidlaboratory Cía. Ltda. asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio a partir de la(s) muestra(s) ensayada(s). Información considerada como confidencial y de propiedad del cliente. Seidlaboratory Cía. Ltda. se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes; en caso de controversias, las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito.

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio:

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Información

Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad: directorialidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General: gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec; Servicio al Cliente: serviciocliente@seidlaboratory.com.ec
Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth 022476314 - 022483145 - 0995450911 - 0982750633

Página 1 de 2



ANEXO N. INFORMACIÓN NUTRICIONAL DEL GRITZ FINO



INFORME DE ENSAYO NR. 227209

INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
CLIENTE:	SIMAA CIA.LTDA.		
DIRECCION:	CHIMBORAZO / GUANO / SAN ANDRES /		
TIPO DE MUESTRA:	GRITZ DE MAIZ		
TIPO DE PRODUCTO:	GRITZ DE MAIZ		
FECHA DE ELABORACION:	03.05.2021	FECHA DE CADUCIDAD:	03.11.2021
LOTE:	1112121	FORMA DE CONSERVACION:	AMBIENTE
CONTENIDO DECLARADO:	25kg, 45kg, 50kg		
MATERIAL DE ENVASE:	SACOS DE POLIPROPILENO		

INFORMACION DE LA MUESTRA			
CODIGO LABORATORIO:	227209-1	CONTENIDO ENCONTRADO:	1880,2g (Muestra para análisis)
FECHA RECEPCION:	21/05/11	FECHA INICIO ENSAYO:	21/05/11
CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:	Temperatura 20C°	MUESTREO: Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió	

INFORMACION NUTRICIONAL				
Tamaño por porción en g.	30			
Porción por envase	833			
Energía (Calorías) ...kJ	419	100 (kcal)		
Energía de grasa (Calorías de grasa)...kJ	21	5 (kcal)		
			% Valor Diario*	
Grasa Total 0,5 g				
Acidos grasos saturados 0 g	0 %			
Acidos grasos - trans 0 g				
Acidos grasos mono insaturados 0 g				
Acidos grasos poli insaturados 0 g				
Colesterol 0 mg	0 %			
Sodio 0 mg	0 %			
Carbohidratos Totales 23 g	8 %			
Fibra 1 g	4 %			
Azúcares Totales 0 g				
Proteína 2 g	4 %			
*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 KJ (2000 calorías). Sus valores diarios pueden ser más altos o más bajos dependiendo de sus necesidades calóricas.				
	Energía	8380 kJ	10.475 kJ	
	Calorías	2000 kcal	2500 Cal	
Grasa Total	Menos que	65 g	80 g	
Grasa Saturada	Menos que	20 g	25 g	
Colesterol	Menos que	300 mg	300 mg	
Sodio	Menos que	2400 mg	2400 mg	
Potasio	Menos que	3500 mg	3500 mg	
Carbohidratos Totales		300 g	375 g	
Fibra alimentaria		25 g	30 g	
kJ por gramo (Calorías por gramo):				
Grasa 37 kJ	Carbohidratos 17 kJ		Proteína 17 kJ	

Atentamente,

21/05/21

FECHA EMISION

Firmado digitalmente por: NORMA EDITH AMORES AMORES Fecha y hora: 2021-05-21 16:03:12

Página 2 de 2

Confidencialidad e Imparcialidad

Seidlaboratory Cía. Ltda. asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio a partir de la(s) muestra(s) ensayada(s), información considerada como confidencial y de propiedad del cliente. Seidlaboratory Cía. Ltda. se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes; en caso de controversias, las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito.

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Información

Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad directorcalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec; Servicio al Cliente servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec

Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth 022476314 - 022483145 - 0995450911 - 0992750633



ANEXO O. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES DEL GRITZ FINO Y SÉMOLA



INFORME DE ENSAYO NR.261651

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
Cliente:	SIMAA CIA.LTDA.		
Dirección:	CHIMBORAZO / GUANO / SAN ANDRES /		
Nombre Producto :	GRITZ DE MAIZ		
Fecha de Elaboración:	2022-09-22	Fecha de Caducidad:	2023-03-22
Lote:	1126522	Contenido Declarado:	ND
Material Envase:	FUNDA PLASTICA ANUDADA	Forma de Conservación:	Ambiente
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Código Laboratorio :	261651-1	Contenido Encontrado:	842.3 Gramos
Fecha Recepción:	2022/09/28	Fecha Inicio Ensayo:	2022/09/28
Condiciones Ambientales de llegada de la muestra:	20 °C	Muestreo:	Es responsabilidad del cliente y, los resultados aplican a la muestra entregada por el cliente tal como se recibió

ENSAYOS FFQQ	MÉTODO	ACREDITACIONES		UNIDAD	RESULTADO
		A2LA	SAE		
ARSENICO	SEIN-MIN1 (AOAC 986.15)	*	*	mg/Kg	<0.1
MERCURIO	SEIN-MIN1 (AOAC 971.21)	*	*	mg/Kg	<0.1
SULFITOS	SE.MI	*	*	ppm (mg/kg)	<10

INCERTIDUMBRE		
PARAMETRO	INCERTIDUMBRE	
ARSENICO	L±18 % mg/kg	La incertidumbre expandida reportada esta basada en una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura K=2, proporcionando un nivel de confianza de un 95%.

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación"

Datos tomados de MIN-RG-12 pág. 728/ SULF-RG-01 pág. 21

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas no siendo extensivo a cualquier lote

El laboratorio no se responsabiliza por la representabilidad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomado

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico

"SEIDLaboratory Cía Ltda no se responsabiliza por la información declarada por el cliente"

- Tiempo de almacenamiento de informes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra

Atentamente.

22/10/06
FECHA EMISIÓN

Firmado digitalmente por: MARIA BELEN CONSTANTE PILA Fecha y hora: 2022-10-06 17:21:09

Muestra 261651-1 de 261651-1

Pg 1 / 1

Confidencialidad e Imparcialidad

Seidlaboratory Cía. Ltda. asume la responsabilidad legal sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio a partir de la(s) muestra(s) ensayada(s), información considerada como confidencial y de propiedad del cliente. Seidlaboratory Cía. Ltda. se compromete a usar dicha información únicamente de la manera y para los propósitos acordados por las partes; en caso de controversias, las partes se someterán al Centro de Mediación de la Cámara de Comercio de Quito.

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio

Muestras perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo estipulado.

Para consultas, quejas o sugerencias, favor comunicarse a los siguientes correos:

Dirección de Calidad directordecalidad@seidlaboratory.com.ec; Gerencia General gerenciageneral@seidlaboratory.com.ec; Servicio al Cliente servicioalcliente@seidlaboratory.com.ec
Melchor Toaza N61-63 entre Av. del Maestro y Nazareth 022476314 - 022483145 - 0995450911 - 0992750633



ANEXO P. ANÁLISIS GENERAL DEL GRITZ FINO Y SÉMOLA



CERTIFICADO DE CALIDAD GRITZ DE MAIZ

1. Datos Informativos.

Proveedor: GRUPO SIMAA
Dirección: Vía San Andres Uchanchi, Riobamba
Cliente: YUPI
Dirección: Guayaquil - Guayas

2. Descripción del producto.

Nombre comercial del producto: GRITZ DE MAIZ
Lote: 3115623
Forma de conservación: Ambiente
Fecha de producción: 05/06/2023
Fecha de caducidad: 05/12/2023
Cantidad: 15000Kg

Producto apto para consumo humano

3. Análisis Realizados.

ANALISIS BROMATOLOGICOS		
	UNIDAD	RESULTADO
Humedad	%	11,36
Grrasa	%	0.90
Proteína	%	8.2
Cenizas	%	0.42

ANALISIS DE FACTORES TOXICOS			
	METODOS	UNIDAD	RESULTADO
Aflatoxinas	Microelisa	ppb	1.1
Vomitoxinas	Microelisa	mg/Kg	>0.50

ANALISIS GRANULOMETRICO		
	UNIDAD	RESULTADO
Malla # 18	%	27,37
Malla # 20	%	29,8
Malla # 30	%	36,6
Malla # 40	%	4,52
Malla # 50	%	0,56
Malla # 60	%	0,39
Platillo	%	0,37

MATERIA EXTRAÑA		
	RESULTADO	LIMITE
Plagas	Ausencia	Ausencia
Partículas extrañas	Ausencia	Ausencia

ANALISIS MICROBIOLÓGICO			
	METODOS	UNIDAD	RESULTADO
<i>Mohos y Levaduras</i>	PETRFILM	UFC/g	30
<i>Bacillus cereus</i>	PETRFILM	UFC/g	Ausencia
<i>E. coli</i>	PETRFILM	UFC/g	Ausencia
<i>Salmonella</i>	PETRFILM	UFC/25g	Ausencia

Ing. Luis Shagñay
ANALISTA LABORATORIO.

ANEXO Q. ANÁLISIS DE PROTEÍNA DEL MAÍZ



INFORME DE ANÁLISIS

ANÁLISIS SOLICITADO POR: Srs. Cristian Silva, María José Terán, Ana Ortiz, Lia Andrade y Ramón Cevallos

TIPO DE MUESTRA: Maíz amarillo (*Zea mays L*)

FECHA DE RECEPCIÓN: 21 de agosto del 2023

PROCEDENCIA: Cantón Guano

EXAMEN FÍSICO

ATRIBUTO	Maíz Morado
Color	Amarillo intenso, presencia de granos de color claro
Aspecto	Gránulos brillantes tamaño homogéneos, presencia de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	Valores de referencia	RESULTADOS
Proteína (BS)	%	INEN 519	Min. 8	9.87

RESPONSABLE:


Dra. Gina Álvarez R.



El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

*La muestra fue receptada en laboratorio.



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 06 / 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Cristian Manuel Silva Franco
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2299-DBRA-UPT-2023

