



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

“UN MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN PARA EVALUAR EL PROCESO
DE MOLIENDA – CLASIFICACIÓN DIRECTA Y SU IMPACTO EN LA
COMPETITIVIDAD OPERATIVA DE PLANTAS CONCENTRADORAS
METALÚRGICAS”

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN
INGENIERÍA DE SISTEMAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.**

AUTOR:

CARHUAZ RIVERA, ZILA MISRAIM

ASESOR:

DR. KASENG SOLIS FREDDY LIZARDO

JURADO:

DR. CONTRERAS ARANDA SANTIAGO ESTEBAN

DR. SOTO SOTO LUIS

MG. CARRILLO BALCEDA JESÚS ELÍAS

LIMA – PERÚ

2019

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO A DIOS POR
PROTEGERME DURANTE TODO MI
CAMINO Y DARME FUERZAS
PARA SUPERAR OBSTÁCULOS Y
DIFICULTADES A LO LARGO DE
TODA MI VIDA Y PODER
ALCANZAR MIS METAS
PROPUESTAS.

EL AUTOR.

DEDICATORIA

AL CONCLUIR ESTE PRESENTE TRABAJO ES MENESTER UNA DEDICATORIA : A MIS PADRES, HERMANOS Y AMIGOS QUE HAN APOYADO CONSTANTEMENTE EN MI DESARROLLO PROFESIONAL Y LOGRAR MIS OBJETIVOS DE ESTA PRESENTE TESIS.

EL AUTOR.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	v
ABSTRACT	vii
I. Introducción	1
1.1. Planteamiento del Problema.	2
1.2. Descripción del Problema.....	8
1.3. Formulación del Problema.....	11
1.3.1. Problema General.	11
1.3.2. Problemas Específicos.	11
1.4. Antecedentes.....	11
1.5. Justificación de la Investigación.....	13
1.6. Limitaciones de la Investigación.	14
1.7. Objetivos.....	15
1.7.1. Objetivos General.	15
1.7.2. Objetivos Específicos.	15
1.8. Hipótesis.	15
1.8.1. Hipótesis General.	15
1.8.2. Hipótesis Específicos.....	15
II. Marco Teórico.....	16
2.1 Marco Conceptual.....	19
III. Método.....	30
3.1. Tipo de Investigación.	30

3.2. Población y Muestra.	30
3.3. Operacionalización de Variables	31
3.4. Instrumentos.	32
3.5. Procesamientos.	33
3.6. Análisis de Datos.	35
3.7. Consideraciones éticas.....	56
IV Resultados	103
V. Discusión de Resultados	116
VI. Conclusiones	118
VII. Recomendaciones.....	120
VIII. Referencias.....	121
IX. Anexos.....	124

RESUMEN

Un Modelo Sistémico de Simulación para evaluar el proceso de Molienda – Clasificación Directa y su impacto en la competitividad operativa de plantas concentradoras metalúrgicas.

El objetivo es cuantificar el grado de influencia que ejerce un Modelo Sistémico de Simulación al proceso molienda – clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas. Se está utilizando la metodología Proceso Unificado (UP) y la metodología de Desarrollo Orientado a Objetos (OOD).

La discusión del Modelo Sistémico de Simulación está destinado a Simular/Predecir en forma Estática la operación de diferentes Procesos Unitarios del área Procesamiento Minerales en el campo de la Minería del Cobre, permitiendo analizar y evaluar desde el punto de vista técnico diferentes Dimensiones de Equipos, Condiciones de Operación y Configuraciones de Circuitos Industriales a objeto de generar estudios de casos útiles de analizar.

Los métodos y herramientas para el diseño de esta Simulación, están siendo desarrollados con un enfoque reduccionista sin el Modelamiento Sistémico y en un software de hoja de cálculo como Excel que se tiene limitación en el orden y el almacenamiento de información; te saca de apuros, pero no es la mejor opción. La finalidad de esta

investigación es superar estas deficiencias y limitaciones. Superar el enfoque reduccionista, significa migrar al enfoque de la nueva ciencia: compleja, caótica, fractal, rizomática, virtual.

Los requerimientos para la Base de Datos (SQL SERVER) y para las Interfaces Programación Orientada a Objetos JAVA (NetBeans).

Como resultado en la investigación el diseño de un Modelo Sistémico de Simulación mejorará el proceso del circuito de Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.

En conclusión el diseño de un modelo sistémico de simulación mejorará el proceso del circuito Molienda – Clasificación Directa, minimizando tiempo de evaluación y control del simulador, acertando lo más pronto posible el buen funcionamiento operacional de molienda – clasificación; de esa manera reduce pérdidas de recursos de materia prima e incrementa la productividad de las plantas concentradoras metalúrgicas generando mayores ganancias.

Palabras claves: Modelamiento, sistémico, simulación, software, circuito de molienda – clasificación directa.

ABSTRACT

Simulation's Systemic Model to evaluate the process Grinding – Direct Classification and his impact in the competitiveness operating of plants metallurgic concentrators.

The objective is quantifying the degree of influence than exerts Simulation's Systemic Model to the process Grinding – Direct Classification in the plants metallurgic concentrators. It is being used the methodology Unified Process (UP) and the methodology of Development Oriented toward Object (DOO).

The discussion Simulation´s Systemic Model is destined to the Simulation/Prediction in Static way the operation of Unitary Processes different of the area of Minerals´ Processing in the field of the Mining of Copper, allowing to analyze and to evaluate from the point of sight different Dimensions´ technician of Equips, Operating Conditions and Configurations of Industrial Circuits with the object of to generate studies of useful Cases of analyzing.

Methods and tools for this Simulation's design are being developed with a reductive focus without the Systemic Model and in software of spreadsheet like Excel that has limitation in the order and storage of information; that rescues you from trouble, but it is not the best choice. The purpose of this investigation is surpassing these deficiencies and

limitations. Surpassing the reductive focus, migrating to the focus of the new science signifies: Complex, chaotic, fractal, rizomática, virtual.

The requests: for the database SQL SERVER and for the Interfaces Programming Oriented toward Object JAVA (NetBeans).

As result in the investigation, the design of a Systemic Model of Simulation will improve the process of the circuit of Grinding – Direct Classification in the plants metallurgic concentrators.

In conclusion the design of a systemic model of simulation will improve the process of the circuit Grinding – Direct Classification, minimizing time of evaluation and the simulator's control, guessing the good operational functioning of Grinding – Classification as soon as possible; In that manner reduce resources' losses of raw material and increment the productivity of the plants metallurgic concentrators generating bigger profits.

Passwords: Modeling, systemic, simulation, software, circuit of Grinding – Direct Classification.

I. Introducción

En esta presente tesis de investigación se diseñará e implementará un Modelo Sistémico de Simulación para la mejora de control y evaluación de la operación del circuito Molienda – Clasificación Directa de Plantas Concentradoras Metalúrgicas.

El Modelo Sistémico de Simulación vincula los modelos matemáticos, que representan la acción del mineral en cada una de las corrientes del circuito, fracción por fracción. En general, los simuladores son usados para: (1) Diseñar nuevos circuitos, (2) Investigar el efecto de modificaciones a un diagrama de flujo existente, (3) Asistir en la obtención de nuevos conocimientos sobre el comportamiento de un circuito completo, y (4) Optimizar la productividad de un circuito en operación.

Para que no se incrementa la pérdida del mineral valioso y recursos que se emplea en el proceso de molienda-clasificación se realiza constantes evaluaciones a través de muestras reales del laboratorio (siendo más costoso y a largo tiempo). Otro tipo de evaluación se realiza a través de un modelo de Simulación de cálculos matemáticos (siendo más económico y con menos tiempo).

Es la razón que la investigación es importante para:

1. Crear en el Perú, software de calidad aplicado al control de los procesos metalúrgicos (Plantas Concentradoras), que supere al existente en el mercado nacional y latinoamericano.
2. La evaluación permanente, confiable y rápida del proceso de molienda-clasificación directa en una planta concentradora, permitirá a los metalurgistas obtener los cálculos precisos y al instante, para su posterior control de la operación del circuito Molienda – Clasificación Directa de Plantas Concentradoras Metalúrgicas.

1.1. Planteamiento del Problema.

Un modelo sistémico de simulación para evaluar el proceso de molienda – clasificación directa y su impacto en la competitividad operativa de plantas concentradoras metalúrgicas.

DIAGNÓSTICO PARA EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Situación Actual		3.- Pronóstico	4.- Control al Pronóstico
1.- Síntomas	2.- Causas		
<ul style="list-style-type: none"> ✂ Retornos de material procesado. ✂ Redundancias en errores operacionales. ✂ Contaminación ambiental (Excesivo desecho de materia prima). 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Deficiente apoyo en la toma de decisiones de parte de los metalurgistas para la eficiencia y eficacia del proceso de plantas concentradoras metalúrgica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✂ Elevado costos y tiempo de producción de plantas concentradoras metalúrgicas. ✂ Menores ganancias en la industria minera de extracción de metales. 	<ul style="list-style-type: none"> 🖨 El diseño e implementación de un modelo sistémico de simulación para el proceso molienda – clasificación Directa, contribuye a mejorar la eficiencia de las plantas concentradoras metalúrgicas minimizando costo y tiempo de producción. 🖨 El diseño e implementación de un

<p>☒ Pérdida de recursos de materia prima.</p> <p>☒ Demora del Proceso de Molienda - Clasificación Directa de una Planta concentradora metalúrgica.</p>	<p>☒ La falta de un modelo sistémico de simulación adecuado para evaluar los procesos de plantas concentradoras metalúrgicas.</p>		<p>modelo sistémico de simulación para el proceso molienda – clasificación Directa, contribuye a mejorar la productividad de las plantas concentradoras metalúrgicas generando mayores ganancias.</p>
---	---	--	---

Una Planta Concentradora de Minerales es una unidad Metalúrgica de producción constituida por una serie de equipos y máquinas instaladas de acuerdo a un Lay Out o diagrama de flujo, donde la mena (rocas) es alimentada y procesada hasta obtener uno o más productos valiosos denominados concentrados y un producto no valioso denominado relave. Este concentrado es luego procesado en fundiciones o plantas químicas para obtenerlo en la forma de barras o lingotes.

Los procesos desarrollados en una Planta Concentradora es conminución, Flotación, Espesaje, Filtrado y disposición de relaves. Los procesos de conminución de mineral juegan un rol trascendental en la recuperación de elementos valiosos desde sus menas (rocas). Dentro de ellos la molienda tiene importancia especial, no solamente por sus altos costos operativos, sino también al hecho de que las propiedades físicas y mineralógicas del producto molido resultante es determinante en gran medida de la efectividad de las siguientes etapas. Es por eso que la **optimización de esta operación unitaria** disminuiría considerablemente los **costos de operación**.

La liberación de un mineral se inicia con el chancado y termina con la molienda; esta es muy importante porque de él depende el tonelaje y la liberación del mineral valioso que después debe concentrarse.

Esta operación se logra con alta eficiencia cuando los molinos son operados en condiciones normales en cuanto a uniformidad del tamaño de alimentación, dilución, velocidad crítica de operación, nivel de bolas y de potencia de motor aceptables. Cuanto más fino se muele el mineral, mayor es el costo de molienda y hasta cierto grado, una molienda más fina conlleva a una mejora en la recuperación de valores. De acuerdo a esto la molienda óptima es aquella malla de molienda en el cuál los beneficios son máximos, cuando se considera tanto el costo de energía, así como los retornos netos de dólares de los productos.

La eficiencia de la molienda depende en gran medida de una serie de parámetros como:

- ✓ Distribución de tamaños del mineral en la alimentación.
- ✓ velocidad y tamaño del molino.
- ✓ Tamaño del cuerpo moledor.
- ✓ Diseño de los revestimientos del molino.
- ✓ Cambios en las características del mineral.
- ✓ Distribución de tamaños del producto del molino.
- ✓ Volumen de carga moledora y su distribución de tamaño.
- ✓ Eficiencia de la clasificación, etc.

Si el mineral es muy grueso o muy fino, la flotación es deficiente. Se incrementa la pérdida del mineral valioso en el relave (baja recuperación). Cuando el mineral es muy grueso falta liberación y los sulfuros valiosos no flotan perdiéndose en el relave final. Si la molienda es demasiado fina, se producen excesiva cantidad de lamas, y el mineral valioso también se pierde en el relave final.

Tanto la molienda como la trituración deben estar íntimamente ligadas. Si la sección chancado hace un buen trabajo en la reducción de tamaño del mineral, el molino hará más fácilmente su trabajo.

Para que no se incrementa la pérdida del mineral valioso y recursos que se emplea en el proceso de molienda-clasificación se realiza constantes evaluaciones a través de muestras reales del laboratorio (siendo más costoso y a largo tiempo). Otro tipo de evaluación se realiza a través de un modelo de Simulación de cálculos matemáticos (siendo más económico y con menos tiempo).

En relación a la metalurgia, la investigación tecnológica aplicada que se piensa desarrollar, se basa en la bibliografía de hace muchas décadas: A. J. Lynch (Circuitos de Trituración y Molienda de Minerales - 1980) y el Dr. Jaime E. Sepúlveda (DIMENSIONAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE PLANTAS CONCENTRADORAS MEDIANTE TECNICAS DE MODELACION MATEMÁTICA – 1986). Se lamenta que dicha literatura en el país no ha sido desarrollado en su real dimensión, pese a que la tecnología está dada.

En relación al software (sistemas) ^(Nolan y Croson, 1996) se comenta bastante sobre la crisis del software:

¿Cuáles son las razones para la crisis del software?

- Base inestable
- Fallas en el manejo del riesgo
- La complejidad del software
- Complejidad del mundo real: Componentes muy diversas, Interacciones, Difícil Modelado.
- Mundo Complejo = Aplicaciones complejas
- Aplicaciones Complejas: Difícil de comprender, Un nuevo componente agrega nuevas interacciones, Efectos colaterales difíciles de evitar, difícil controlar el impacto de las modificaciones, difícil de mantener estas dificultades y retos, nos motivó a retomar el presente trabajo de investigación. La Ingeniería del Software: la informática aplicado a la Metalurgia (minería), con un adecuado enfoque sistémico, aplicando las más modernas herramientas de actualidad: Modelamiento (UML), Base de Datos (SQL-Server) y la Programación Orientada a Objetos (Java). Por lo que considero, que esto será una verdadera creación y aporte al desarrollo tecnológico del país. Fiel a nuestros principios: Primero, MEJORAR PARA SOBREVIVIR: Reingeniería; INNOVAR PARA CRECER: Repensar el Negocio; INVENTAR PARA VENCER: Redefinir el Negocio; Segundo, Sólo quienes ven pueden darse cuenta que falta algo, es decir, la existencia de ausencia o vacíos (lagunas) de conocimiento. En tales casos nos planteamos las siguientes interrogantes con sus respuestas correspondientes.

¿Los principios teóricos y filosóficos de la teoría de sistemas son compatibles el proceso del circuito cerrado de molienda-clasificación directa de una planta concentradora? Sí, porque en el circuito de molienda-clasificación se reproduce

los cinco parámetros o elementos del enfoque sistémico: inputs, outputs, proceso, feedback y ambiente.

¿Es posible aplicar la teoría del enfoque sistémico a la optimización y simulación de procesos metalúrgicos? Sí, porque el enfoque sistémico es multidisciplinario y transdisciplinario.

¿Es posible aplicar el modelamiento y la simulación sistémica a los procesos de molienda-clasificación directa en una planta concentradora? Sí, porque el modelamiento y la simulación sistémica son de carácter general y el proceso de molienda-clasificación, es una aplicación práctica concreta de sistemas.

¿Existen relación de dependencia (causal) entre el modelamiento y la simulación sistémica con el proceso de molienda-clasificación en una planta concentradora? Sí, porque, con el modelamiento y la simulación sistémica nos acercamos a la totalidad del problema, superando el enfoque reduccionista tradicional, sólo a las partes (programación obsoleta, mal uso de las computadoras).

¿Es posible crear en el Perú, software de calidad aplicado al proceso de molienda y clasificación, que supere al existente en el mercado nacional y latinoamericano? Sí, primero porque los existentes no tiene el enfoque filosófico sistémico. Segundo, los existentes son enlatados, rígidos y su costo es elevado.

¿Los sistemas de software a crear pueden ser usados: antes, en el momento actual y después, en los procesos de molienda - clasificación de una planta concentradora? Sí, porque, en el antes, para diseñar nuevas plantas concentradoras; en el momento actual y el después para la evaluación y monitoreo permanente de las plantas concentradoras.

1.2. Descripción del Problema.

En esta presente tesis de investigación se diseñará e implementará un Modelo Sistémico de Simulación para la mejora de control y evaluación de la operación del circuito Molienda – Clasificación Directa de Plantas Concentradoras Metalúrgicas.

El Modelo Sistémico de Simulación vincula los modelos matemáticos, que representan la acción del mineral en cada una de las corrientes del circuito, fracción por fracción. En general, los simuladores son usados para: (1) Diseñar nuevos circuitos, (2) Investigar el efecto de modificaciones a un diagrama de flujo existente, (3) Asistir en la obtención de nuevos conocimientos sobre el comportamiento de un circuito completo, y (4) Optimizar la productividad de un circuito en operación.

La simulación representa una poderosa herramienta para el Ingeniero de metalurgia, con la cual puede optimizar el control de operación de Molienda – Clasificación; sin invertir mucho tiempo para el desarrollo ni costos elevados de análisis.

Para dar el inicio del control y evaluación de Molienda – Clasificación se realiza un muestreo. El objetivo de todo muestreo es obtener una muestra representativa. Esto es un concepto ideal el cual es muy difícil de obtener en la práctica. La adquisición de datos confiables de un circuito de operación es la clave del éxito de cualquier ejercicio de optimización.

Los muestreos realizados en planta se llevaran a cabo para obtener datos necesarios para la calibración, simulación y optimización del circuito de molienda. La adquisición de buenos datos experimentales es parte fundamental

para una excelente calibración del circuito, por lo que la siguiente secuencia de eventos debe ser considerada para llevar a cabo un muestreo:

1. Definir los objetivos del muestreo e identificar las unidades a ser analizadas.
2. Planear el muestreo, tomando en cuenta los puntos de muestreo, el tamaño de la muestra en cada punto, los datos a ser colectados, y cualquier posible dificultad (por ejemplo; accesibilidad, interrupciones de producción, condiciones de estado no estable, datos faltantes, etc.).
3. Llevar a cabo la preparación de las muestras colectadas con mucho cuidado.
4. Realizar el análisis de la distribución granulométrica de acuerdo a los principios de la buena práctica.
5. Analizar los datos y el balance de masa de los datos, rechazando los datos dudosos y volver a muestrear si es necesario.
6. Usar los datos así definidos por los objetivos, por ejemplo: para estimación de parámetros, para simulación, o para confirmar que el beneficio esperado ha sido obtenido.

La exactitud del análisis de los datos requeridos depende de los objetivos planteados en el análisis. Hay un número de procedimientos simples de análisis que pueden ser usados para evaluar sus datos antes de usar un paquete de balance de materia en la computadora.

Dos análisis simples realizados manualmente pueden ser usados para evaluar los datos como una inspección inicial de los datos colectados en el muestreo:

Un balance de agua alrededor del ciclón y un cálculo de la fracción de masa en cada fracción de tamaño alrededor del ciclón.

Los resultados de estos dos análisis determinarán la consistencia o inconsistencia de los datos experimentales. Por lo tanto, se podrá concluir si los datos son buenos o se requiere repetir nuevamente el muestreo en planta.

El balance de materia es de los métodos más usados para la evaluación de datos de muestreo. El objetivo del balance de masa es encontrar el mejor ajuste de las fracciones de masa en cada fracción de tamaño.

El ajuste del modelo o estimación de parámetros requiere de experiencia y un buen juicio. El ajuste del modelo, no es más que la estimación de las constantes de los modelos matemáticos que representan a cada una de las operaciones unitarias del circuito. Una vez que los modelos han sido ajustados a un circuito existente, el comportamiento del circuito sobre un amplio rango de condiciones de operación puede ser estimado de manera congruente.

Los datos obtenidos del muestreo, mostrarán una excelente correlación entre los ajustados por el balance de masa y los experimentales, así como del ajuste del modelo (calibración). Este muestreo proporciona datos que permitieron conocer en detalle el comportamiento del circuito, corriente por corriente y unidad por unidad. Los datos ajustados con el balance de masa son utilizados en la calibración del circuito de molienda para posteriormente realizar la simulación del circuito a fin de alcanzar los objetivos anteriormente planteados.

Este proyecto fue desarrollado y diseñado usando un estudio combinado de simulación por computadora y pruebas específicas a nivel planta. El método provee una alternativa para evaluar las modificaciones en planta con la

minimización del tiempo utilizado, mostrando que la simulación es una poderosa herramienta para la asistencia en la operación de plantas.

Para desarrollar el Modelo Sistémico de Simulación en la Investigación Básica se está utilizando la metodología Proceso Unificado (UP) en el análisis de software y la metodología de Desarrollo Orientado a objetos (OOD) para la programación de software.

1.3. Formulación del Problema.

1.3.1. Problema General.

¿En qué medida, un Modelo Sistémico de Simulación mejorará el proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?

1.3.2. Problemas Específicos.

- ¿En qué medida, un Modelo Sistémico de Simulación mejorará la eficiencia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?
- ¿En qué medida, un Modelo Sistémico de Simulación mejorará la eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?

1.4. Antecedentes.

Para esta investigación se ha revisado las fuentes de información bibliográfica importantes que son los siguientes:

- **El Software v. 2.0 Moly-Cop Tools (SMT) fue aportado por: Jaime Sepúlveda, Ph. D., ExAlumno Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) Vicepresidente Moly-Cop Chile/Latinoamérica 2009.** El Software SIMULA fue semi-validado con Datos Industriales y complementado con

Fotografías Equipos Industriales en Operación para una mayor y mejor concepción estudiante.

- **El Manual Usuario del software SIMULA, versión académica 2.0** (Sepúlveda, 2009) corresponde a una herramienta de apoyo a los usuarios del Software Simulación Estático Plantas Concentradoras, desarrollado y adecuado en base al Software Molycop-Tools versión 2.0, original creado por Jaime Sepúlveda Ph.D., Vicepresidente Moly-Cop Chile y Ex-Alumno Ingeniería Industrial, PUC. El SMT fue adquirido por el profesor Alfonso Otero del Centro de Minería, vía contacto directo con Moly-Cop Chile, en Santiago de 2006, y presentado al concurso interno, para crear una versión académica de utilidad para alumnos, principalmente de ingeniería industrial mención minería, IIM, PUC. En su ejecución se consideró la participación del Departamento Informática PUC, que instalará el SIMULA v. 2.0 en la Página Web Educativa PUC: http://www.puc.cl/sw_educ/simula2/index.html.

Entre sus principales ventajas destaca el estar basado en hojas de cálculo Microsoft Excel de amplia difusión, por lo que la “comunicación” del usuario con el programa resulta amigable y cómoda... Con la ayuda de este programa u otros similares puede evaluarse fácilmente tanto una clasificación simple como un complejo circuito cerrado de molienda, en base a datos de la operación misma o bien de ensayos en laboratorio, pudiendo seguidamente simularse otras condiciones variando simplemente los parámetros.

Tanto el software SIMULA v2.0 y los manuales creado por Jaime Sepúlveda basado en hojas de cálculo Microsoft Excel sirve para el análisis del presente proyecto de Investigación científica denominado *“UN MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN PARA EVALUAR EL PROCESO DE MOLIENDA –*

CLASIFICACIÓN DIRECTA Y SU IMPACTO EN LA COMPETITIVIDAD OPERATIVA DE PLANTAS CONCENTRADORAS METALÚRGICAS”.

- **Andrew L. Mular, Roshan B. Bhapu. DISEÑO DE PLANTAS DE PROCESO DE MINERALES** (Andrew y Roshan, 1982) **define:** que el Simulador Matemático, con el objeto de simular un proceso se requiere el disponer de un modelo con el que se experimente, modelo que puede ser matemático. Estará conformado por un conjunto de ecuaciones y restricciones con las cuales se estarán representando cada uno de los fenómenos y sus interacciones el resolver las ecuaciones equivalentes a la reproducción del fenómeno.

1.5. Justificación de la Investigación.

a. Justificación Teórica.

Logrará perfeccionar algún vacío de conocimiento con respecto a la investigación del proyecto.

La manera de conceptualizar la realidad objetiva del mundo está cambiando, en nuestra opinión, está mejorando. Se estará superando el enfoque reduccionista por el enfoque sistémico o holístico.

La empresa Minero-metalúrgicas de hoy, exigen la modernización de sus operaciones productivas, con una óptima medición, control y automatización de sus procesos, con el fin de lograr una alta calidad de sus productos a bajo costo de operación.

La parte del análisis del proceso que es y ha sido muy importante para la industria mineral en estos tiempos es la optimización por simulación de las operaciones en las plantas de procesamiento de minerales.

b. Justificación Práctica.

Estructurado el simulador estacionario en base a los modelos matemáticos fenomenológicos, esta herramienta servirá para evaluar condiciones operacionales y poder establecer las óptimas a través de la simulación en los circuitos directo cerrados de molienda-clasificación. Los resultados de esta investigación son importantes útiles para la toma de decisiones y con ello afrontar el problema técnico operacional, aumentando la rentabilidad del tratamiento de los minerales en la planta.

c. Justificación Tecnológica.

Existen dos maneras de hallar los niveles óptimos de las condiciones operacionales.

El primer método es variar los niveles en las plantas a través de planes experimental y apoyado con la experiencia de la supervisión; Eventualmente, este método conducirá a una mejor performance de la planta sufrirá pérdidas cuando la combinación de condiciones sea mala.

El otro método es en base a la simulación, con modelos matemáticos que reflejen en gran medida los efectos de las condiciones operacionales. De esta manera se define por simulación la combinación óptima en la planta. Este método se basa en el punto crítico, en la cual los modelos matemáticos usados representan los efectos de las condiciones operacionales con una precisión aceptable.

☞ Con el modelo sistémico de simulación minimizará el tiempo de evaluación del proceso Molienda-Clasificación Directa de una planta concentradora metalúrgico para la mejora de la productividad.

1.6. Limitaciones de la Investigación.

1. El modelo de simulación solo es aplicable a un circuito de Molienda– Clasificación directa cerrado en una planta concentradora metalúrgica.

2. La simulación no es dinámica, se aplica al estado estacionario.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivos General.

Cuantificar el grado de influencia que ejerce un Modelo Sistémico de Simulación al proceso molienda – clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.

1.7.2. Objetivos Específicos.

- Cuantificar el grado de influencia que ejerce un Modelo Sistémico de Simulación en la eficiencia del proceso molienda – clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.
- Cuantificar el grado de influencia que ejerce un Modelo Sistémico de Simulación en la eficacia del proceso molienda – clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.

1.8. Hipótesis.

1.8.1. Hipótesis General.

El diseño de un Modelo Sistémico de Simulación mejorará el proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.

1.8.2. Hipótesis Específicos.

- El diseño de un Modelo Sistémico de Simulación mejorará la eficiencia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.
- El diseño de un Modelo Sistémico de Simulación mejorará la eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.

II. Marco Teórico

Antecedentes de estudio.

Hoy en día los términos se han relativizado, por sus aplicaciones diversas, según sea el caso; por otro lado, algunos términos se han desgastado, porque no cumplen a cabalidad lo que se dice o lo que se pretende decir (connotativo – el hablante formula un significado y el receptor entiende otro). Por tanto, la intención es superar estas debilidades (denotativo – el receptor entiende lo mismo que el hablante expresa).

Lo anterior podemos explicarnos también con ayuda de la *semiótica* (Del Mora, Pasos y otros, 2007) (estudio de los signos): compuesta por el significante, el significado y el referente.

La semiótica se plantea como la ciencia básica del funcionamiento del pensamiento, intentando responder la interrogante de cómo el ser humano conoce el mundo que lo rodea, cómo lo interpreta y cómo construye y crea conocimiento y lo transmite. Por esto, la semiótica ha llegado a ser planteada como la ciencia de las ciencias rivalizando con la epistemología.

La manera de conceptualizar la realidad objetiva del mundo está cambiando, está mejorando. Estamos superando el enfoque reduccionista por el enfoque sistémico / holístico.

Las herramientas computacionales utilizadas en minería y en particular la metalurgia, están siendo utilizadas en el mejor de los casos, con enfoque reduccionista. Algunos casos de software están desarrollados en lenguaje de programación (fortran, basic, pascal, Visual Basic, C; por el momento no existe en Java, siendo éste el mejor lenguaje de programación OO), sin el modelamiento previo, base de datos, menos con el enfoque sistémico (Larman, 2003). Peor aún, algunos en hoja de cálculo (Excel, si en verdad es una ayuda, pero no es la mejor opción) (Sepúlveda, 2009) Pues la intención del presente trabajo es superar estas deficiencias y limitaciones.

Evidentemente, un área importantísima dentro de la Ingeniería Metalúrgica es el modelamiento y la simulación de procesos (Leonard y Concha, 1994): antes (para crear, diseñar nuevos proyectos), ahora (para modificar, modernizar y optimizar los existentes), después (para utilizar en el control y monitoreo permanente de los que están operativos).

Simulación de procesos (Andrew y Roshan, 1982): Experimentación con un Simulador Matemático o un Simulador Físico para reproducir un fenómeno natural en un medio controlado.

Una persona que frente a una computadora está creando simuladores (creador o desarrollador); o bien frente a la computadora, sin conocer el cómo está construido un simulador para sólo utilizar adecuadamente (teniendo él la confianza de que las respuestas del simulador son correctas – caja negra), es decir, no se puede modificar los productos enlatados.

El que construye o crea simuladores obtiene un conocimiento completo sobre leyes, principios, reglas, etc. que rigen el desarrollo de un fenómeno.

El que utiliza un modelo y simulador confía en el buen juicio del creador (desarrollador) del modelo y simulador quien supuestamente ya aplicó estas leyes, principios, reglas, etc.

En última instancia el que se va transformando en experto analista de procesos es el que crea simuladores, de igual manera que en Planta Piloto está observando está infiriendo cómo se realizan las transformaciones en un proceso. *Entonces nuestro propósito es crear y desarrollar modelamiento y simulador de procesos.*

Variables Independientes.

MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN. (Shannon y Johannes, 1976)

Este modelo sistémico de simulación sirve para predecir el funcionamiento del proceso de molienda – clasificación directa de una planta concentradora metalúrgico para obtener mejor productividad, evitar pérdidas de recursos, daño de máquinas en operación y otros más.

Esta simulación está analizada científicamente con cálculos matemáticos, para obtener mejores resultados precisos se diseñara como un software por computadora a través de un análisis sistémico modelado.

Variables Dependientes.

PROCESO MOLIENDA – CLASIFICACIÓN DIRECTA. (Bravo, 2003, p.4)

La liberación de un mineral se inicia con el chancado y termina con la molienda; esta es muy importante porque de él depende el tonelaje y la liberación del mineral valioso que después debe concentrarse. En esta etapa debe liberarse completamente las partes valiosas del mineral(sulfuros) de la ganga, antes de proceder a la concentración La operación de molienda normalmente se efectúa en etapa primaria en los molinos de barras y secundaria en los de bolas.

Generalmente la descarga de los molinos de barras es de 1700 micrones (malla 10), alcanzándose diferentes tamaños dentro de los límites económicos en los molinos de bolas. Esta operación se logra con alta eficiencia cuando los molinos son operados en condiciones normales en cuanto a uniformidad del tamaño de alimentación, dilución, velocidad crítica de operación, nivel de bolas y de potencia de motor aceptables. Cuanto más fino se muele el mineral, mayor es el costo de molienda y hasta cierto grado, una molienda más fina conlleva a una mejora en la recuperación de valores. De acuerdo a esto la molienda óptima es aquella malla de molienda en el cuál los beneficios son máximos, cuando se considera tanto el costo de energía, así como los retornos netos de dólares de los productos.

2.1. Marco Conceptual.

2.1.1. Modelamiento. ^(Larman, 2003) La percepción del mundo puede ser descrita como una sucesión de fenómenos. Desde el comienzo de los tiempos el hombre ha tratado de descubrirlos, ya sea que los entienda completamente o no.

Es la abstracción o creación de una representación o imagen (el modelo) de un objeto real. Un modelo es por tanto una representación parcial o simplificada de la **realidad compleja**, que recoge aquellos aspectos de relevancia para las intenciones del modelador, y de la que se pretende extraer conclusiones de tipo predictivo. Se modela para comprender mejor o explicar mejor un proceso o unas observaciones. Un mismo objeto puede ser modelado con distintas técnicas y distintas intenciones, de forma que cada modelo resalta sólo ciertos aspectos del objeto.

Es aparente que una interpretación del mundo es necesaria, la que debe ser suficientemente abstracta para que no sea afectada por la dinámica del mundo (los

pequeños cambios), y debe ser suficientemente robusta para poder representar al sistema (procesos - datos). Una herramienta como esta es llamada modelamiento de sistemas, el cual permite representar en forma más o menos razonable alguna realidad. El modelo de sistemas permite realizar abstracciones del mundo, permitiendo centrarse en los aspectos macros, sin preocuparse de las particularidades; así nuestra preocupación se centra en generar un esquema de representación, y no en los valores de los datos.

2.1.2. Simulación. (Shannon y Johannes, 1976, p.2) Thomas T. Goldsmith Jr. y EstleRay Mann la define así: "Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos".

"Simular es imitar un sistema real, utilizando recursos ajenos a esa realidad; es decir implica simplificar a la realidad y parecerse lo mayormente posible a la realidad. No necesariamente se necesitan computadores y complejas fórmulas matemáticas para imitar a un sistema real; por ejemplo; imitar los sonidos onomatopéyicos de un animal, o engañar a una persona haciéndose pasar por ebria cuando no se está" según Medardo G.

Una definición más formal formulada por *R.E. Shannon I* es: "La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema".

2.1.3. Modelos de Simulación. (Shannon y Johannes, 1976, p.4)

La experimentación puede ser un trabajo de campo o de laboratorio. El modelo de método usado para la simulación sería teórico, conceptual o sistémico.

Después de confirmar la hipótesis podemos ya diseñar un teorema. Finalmente si este es admitido puede convertirse en una teoría o en una ley.

Modelo teórico. (Shannon y Johannes, 1976, p.4)

El 'modelo teórico' debe contener los elementos que se precisen para la simulación. Un ejemplo con trabajo de laboratorio es un programa de estadística con ordenador que genere números aleatorios y que contenga los estadísticos de la media y sus diferentes versiones: cuadrática- aritmética-geométrica-armónica. Además debe ser capaz de determinar la normalidad en términos de probabilidad de las series generadas. La hipótesis de trabajo es que la media y sus versiones también determinan la normalidad de las series. Es un trabajo experimental de laboratorio. Si es cierta la hipótesis podemos establecer la secuencia teorema, teoría, ley. Es el modelo principal de toda una investigación científica, gracias a ello podemos definir o concluir la hipótesis, las predicciones, etc.

Modelo conceptual. (Shannon y Johannes, 1976, p.4)

El modelo conceptual desea establecer por un cuestionario y con trabajo de campo, la importancia de la discriminación o rechazo en una colectividad y hacerlo por medio de un cuestionario en forma de una simulación con una escala de actitud. Después de ver si la población es representativa o adecuada, ahora la simulación es la aplicación del cuestionario y el modelo es el cuestionario para confirmar o rechazar la hipótesis de si existe discriminación en la población y

hacia qué grupo de personas y en que cuestiones. Gran parte de las simulaciones son de este tipo con modelos conceptuales.

Modelo sistémico. (Shannon y Johannes, 1976, p.5)

El modelo sistémico se construye utilizando como metodología la dinámica de sistemas. Se simula el sistema social en una de sus representaciones totales. El análisis de sistemas es una representación total. Un plan de desarrollo en el segmento de transportes con un modelo de ecología humana, por ejemplo. El énfasis en la teoría general de sistemas es lo adecuado en este tipo de simulaciones. Este método, que es para un sistema complejo, es sumamente abstracto, y no se limita a la descripción del sistema, sino que debe incluir en la simulación las entradas y salidas de energía y los procesos de homeostasis, de autopoiesis y de retroalimentación.

Tanto el programa de estadística como la escala de actitud y el sistema total, son perfectas simulaciones de la realidad y modelizan todos los elementos en sus respectivas hipótesis de trabajo. Son también un microclima y el ambiente o el escenario en los procesos de simulación/experimentación. Otras propiedades que deben contener las simulaciones es que sean repetibles indefinidamente. Que eviten el efecto de aprendizaje que incita al encuestador a rellenar él mismo los cuestionarios y que se podrá evitar con algún control, que sean flexibles o mejorables y que no sea invasivo o cambiar la población de las muestras sucesivas.

2.1.4. Simulación por Computadora. (Shannon y Johannes, 1976, p.5)

Es un intento de modelar situaciones de la vida real por medio de un programa de computadora, lo que requiere ser estudiado para ver cómo es que trabaja el

sistema. Ya sea por cambio de variables, quizás predicciones hechas acerca del comportamiento del sistema.

La simulación por computadora se ha convertido en una parte útil del modelado de muchos sistemas naturales en física, química y biología, y sistemas humanos como la economía y las ciencias sociales (sociología computacional), así como en dirigir para ganar la penetración (profundidad) su comportamiento cambiará cada simulación según el conjunto de parámetros iniciales supuestos por el entorno. Las simulaciones por computadora son a menudo consideradas seres humanos fuera de un loop de simulación.

Tradicionalmente, el modelado formal de sistemas ha sido a través de un modelo matemático, que intenta encontrar soluciones analíticas a problemas que permiten la predicción del comportamiento de un sistema de un conjunto de parámetros y condiciones iniciales. La simulación por computadora es frecuentemente usada como un accesorio para, o sustitución de, sistemas de modelado para los cuales las soluciones analíticas de forma cerrada simple no son posibles. Ahí se encuentran muchos tipos diferentes de simulación por computadora, la característica común que todas ellas comparten es el intento por generar una muestra de escenarios representativos para un modelo en que una enumeración completa de todos los estados posibles sería prohibitiva o imposible. Varios paquetes de software existen para modelar por computadora, como Vensim, Stella o Powerim, y así la simulación se hace sin gran esfuerzo (por ejemplo: la simulación Montecarlo y el modelado estocástico como el Simulador de Riesgo).

Es cada vez más común escuchar acerca de simulaciones a muchas clases designadas como "ambientes sintéticos". Esta etiqueta ha sido adoptada al ampliar

la definición de "simulación", que abarca virtualmente cualquier representación computarizada.

Simulación en informática. (Shannon y Johannes, 1976, p.6)

En informática la simulación tiene todavía mayor significado especializado: Alan Turing usó el término "simulación" para referirse a lo que pasa cuando una computadora digital corre una tabla de estado (corre un programa) que describe las transiciones de estado, las entradas y salidas de una máquina.

En programación, un simulador es a menudo usado para ejecutar un programa que tiene que correr en ciertos tipos de inconvenientes de computadora o en un riguroso controlador de prueba de ambiente. Por ejemplo, los simuladores son frecuentemente usados para depurar microprogramas (micro código) o algunas veces programas de aplicación comercial. Dado que, la operación de computadoras es simulada, toda la información acerca de la operación de computadoras es directamente disponible al programador, y la velocidad y ejecución pueda variar a voluntad.

En el área de las ciencias son de gran ayuda ya que los estudiantes relacionan conceptos abstractos con reales (el choque de moléculas) y también ayuda en el sentido de los recursos ya que solo se tiene que disponer con un par de computadores y no con todo el aparataje de un laboratorio entero.

Simulación en la preparación. (Shannon y Johannes, 1976, p.7)

La simulación es usada en el entrenamiento o preparación tanto del personal civil como militar; esto sucede cuando es prohibitivamente caro o simplemente muy peligroso para permitirle usar equipo real a un aprendiz en el mundo real. En esta última situación ellos aprenderán valiosas lecciones en un ambiente virtual

seguro. La conveniencia es permitir errores durante el entrenamiento para un sistema crítico de seguridad.

Simulación en la educación. (Shannon y Johannes, 1976, p.7)

Este tipo de simulación es un tanto parecida a la de entrenamiento o preparación. Ellas se enfocan en tareas específicas. En el pasado los videos eran usados por maestros y para educar alumnos a observar, solucionar problemas y jugar un rol; sin embargo se ha visto desplazada por la simulación, puesto que esta incluye viñetas narrativas animadas, son videos de caricaturas hipotéticas e historias basadas en la realidad, envolviendo a la clase en la enseñanza y aprendizaje. También se usa para evaluar el aprendizaje, resolver problemas de habilidades y el servicio de los profesores.

Simulación en las ciencias naturales. (Shannon y Johannes, 1976, p.8)

Sin embargo, para interpretar estos experimentos y para obtener una resolución mayor en espacio y tiempo, tenemos que recurrir a modelos teóricos. La resolución analítica de estos modelos es imposible para la mayoría de los sistemas de interés práctico. Por ello, es necesario recurrir a la resolución numérica de estos modelos en forma de simulaciones. Una simulación busca recrear los elementos que se consideran importantes en la reproducción de un fenómeno observado empíricamente. Ejemplos importantes son la dinámica molecular y la química computacional, ambas utilizadas ampliamente para estudiar el plegamiento de proteínas en la biofísica y las propiedades mecánicas depolímeros artificiales en la ciencia de materiales.

Simulación médica. (Shannon y Johannes, 1976, p.8)

Este tipo de simulación incrementa cada vez más su desarrollo y se está desplegando cada vez más para enseñar procedimientos terapéuticos y de diagnóstico, así como conceptos y la toma de decisiones al personal en las profesiones médicas. Se han estado desarrollando simuladores para el entrenamiento en una gama de procedimientos básicos tales como la transfusión de sangre, una cirugía laparoscópica, cuidados traumatológicos, auscultación pulmonar-cardíaca y otros.

2.1.5. Simulación de Procesos: (Andrew y Roshan, 1982) Experimentación con un Simulador Matemático o un Simulador Físico para reproducir un fenómeno natural en un medio controlado.

Simulador Matemático, con el objetivo de simular un proceso se requiere el disponer de un modelo con el que se experimente, modelo que puede ser matemático. Estará conformado por un conjunto de ecuaciones y restricciones con las cuales se estarán representando cada uno de los fenómenos y sus interacciones y *el resolver las ecuaciones equivale a la reproducción del fenómeno.*

Simulador Físico, es a nivel Laboratorio o Planta piloto, se utilizan modelos a escala de equipos o recipientes en los cuales se reproducirán los fenómenos, la reproducción será real tal y como se lleva en la naturaleza, pero su objetivo es obtener información para planear su reproducción industrial. El fenómeno transcurre realmente y se observa para, nuevamente determinar cuáles son las variables importantes que tanto controlan al proceso. La simulación física resulta más cara que la simulación matemática pero es necesaria cuando aún no se dispone de información suficiente para ciertos fenómenos.

Dinámica de sistemas, La dinámica de sistemas es una metodología para analizar y modelar el comportamiento temporal en entornos complejos. Se basa en la identificación de los bucles de realimentación entre los elementos, y también en las demoras en la información y materiales dentro del sistema. Lo que hace diferente este enfoque de otros usados para estudiar sistemas complejos es el análisis de los efectos de los bucles o ciclos de realimentación, en términos de flujos y depósitos adyacentes. De esta manera se puede estructurar a través de modelos matemáticos la dinámica del comportamiento de estos sistemas. La simulación de estos modelos actualmente se puede realizar con ayuda de programas computacionales específicos.

2.1.6. MOLIENDA. (Bravo, 2003, p.5)

Tanto la molienda como la trituración deben estar íntimamente ligadas. Si la sección chancado hace un buen trabajo en la reducción de tamaño del mineral, el molino hará más fácilmente su trabajo.

Los molinos son cilindros rotatorios horizontales forrados interiormente con materiales resistentes, cargados en un 30-45% de su volumen con barras o bolas de acero. Dentro de esta masa rotatoria de ejes y bolas, se alimenta continuamente el mineral fresco proveniente de la etapa de chancado, la carga de retorno o carga circulante del hidrociclón (u/f) y agua suficiente para formar la masa de mineral de una plasticidad adecuada, de manera que la mezcla fluya bajo una ligera cabeza hidráulica, hacia el extremo de descarga del molino.

El molino cilíndrico emplea la masa de barras o bolas, cayendo en forma de cascada, para suministrar la enorme área superficial que se requiere para producir capacidad de molienda. Estos cuerpos en movimiento y libres, los cuales son

relativamente grandes y pesados comparados con las partículas minerales son recogidos y elevados hasta un ángulo tal, que la gravedad vence las fuerzas centrífuga y de fricción. La carga luego efectúa cataratas y cascadas hacia abajo y hacia el exterior rompiendo de esta manera las partículas minerales, mediante impactos repetidos y continuados, así como por frotamiento

2.1.7. CLASIFICACIÓN (HIDROCICLÓN). (Bravo, 2003, p.16)

La clasificación en la molienda consiste en la separación de un conjunto de partículas de tamaños heterogéneos en dos porciones, cada una conteniendo partículas de granulometría u otra propiedad más específica que el conjunto original. La clasificación se realiza por diferencias de tamaño y de gravedad específica que origina diferentes velocidades de sedimentación entre las partículas y el fluido (agua y aire). El objetivo de clasificación es separar las partículas por tamaños, la densidad de las partículas y otros factores tienen también un efecto significativo, y la operación puede concebirse con más realismo como una operación de selección más que de clasificación por tamaños.

En las plantas concentradoras se emplea la clasificación hidráulica con diferentes propósitos, y el tipo de máquina que se adopta está ligado a la clase de servicio que se desea obtener. En general, los clasificadores hidráulicos se emplean para dividir una pulpa de mineral molido en dos tipos con el objeto de ser tratadas separadamente. Se llaman hidráulicos porque se emplea como fluido el agua para producir la corriente ascendente, a través de la cual se efectúa la sedimentación que separa en grupos las partículas sólidas. Existe gran variedad de aparatos de cada clase. Se usan aparatos de arena y lamas, para las diferentes clases de

concentración sub siguiente o tratamientos metalúrgicos simples. Hay dos tipos principales:

Clasificadores mecánicos: Helicoidal y de rastrillos.

HIDROCICLONES (Ciclones) ^(Bravo, 2003, p.17).-Son aparatos estáticos que separan por tamaños los sólidos de una pulpa utilizando fuerzas centrífugas a una determinada presión ya sea bombeada o por gravedad. Las principales ventajas que ofrece son su fácil fabricación, su gran capacidad respecto al espacio que ocupa y su bajo costo de fabricación y mantenimiento comparados con los clasificadores mecánicos. Un hidrociclón se especifica por el diámetro de la cámara cilíndrica de alimentación, siendo las dimensiones restantes funciones de esta magnitud Flujos que originan la separación de partículas en el hidrociclón:

Flujo Inferior (Torbellino Primario)

La alimentación que ingresa al ciclón origina un flujo pegado a la pared interna de la sección cilíndrica y cónica dirigida hacia el vértice inferior (ápex) para salir al exterior arrastrando las partículas gruesas.

Flujo Superior (Torbellino Secundario)

Se origina por una gran cantidad del líquido que asciende por el núcleo central y que es forzado a salir del ciclón por el vórtex arrastrando las partículas finas. El núcleo central es formado por el torbellino primario.

III. Método

Método Científico: Hipotético – Deductivo. En este método, las teorías no se consideran verdaderas, sino a lo sumo «no refutadas». Pruebas reiteras o Test-retest (coeficiente de estabilidad).

3.1. Tipo de Investigación.

- **INVESTIGACIÓN BÁSICA:** Proporciona la base teórica de conocimientos sobre los que se apoya la ciencia aplicada.

En la Investigación Básica se está utilizando la metodología Proceso Unificado (UP) y la metodología de desarrollo Orientado a objetos (OOD).

(Ferré y Sanchez, 2006, p.1)

- **INVESTIGACIÓN APLICADA:** Investigaciones teóricas o experimentales que aplican los conocimientos de la ciencia básica para resolver problemas prácticos. Estudia problemas de posible interés social.
- **INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA:** La investigación cuantitativa se produce por la causa y efecto de las cosas.

3.2. Población y Muestra.

Población: Todas las plantas concentradoras metalúrgicas, que tengan el circuito de molienda-clasificación directa cerrado del Perú.

Muestra: 10 Circuitos Directo Cerrado de Plantas Concentradoras Metalúrgicas (muestra probabilística por racimos). (Sampieri, 2014, p.182)

Se ha tomado esta cantidad de circuitos usando el muestreo probabilístico por racimos porque nos vemos limitado por recursos financieros, por tiempo, por distancias geográficas y otros obstáculos.

Este tipos de muestro que se usa son sinónimos de clusters o conglomerados; muestreo en el que las unidades de análisis se encuentran encapsulados en determinados lugares físicos.

Muestreo: Probabilístico aleatorio simple utilizado en las plantas concentradoras.

3.3. Operacionalización de Variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“UN MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN PARA EVALUAR EL PROCESO DE MOLIENDA – CLASIFICACIÓN DIRECTA Y SU IMPACTO EN LA COMPETITIVIDAD OPERATIVA DE PLANTAS CONCENTRADORAS METALÚRGICAS”				
Nro.	Variables	Indicadores	Índices	Ítem
1	Variable Independiente: Modelo Sistémico De Simulación.	Eficiencia de pronóstico del modelo sistémico de simulación.	Tiempo resultante del modelo sistémico de simulación.	¿Se minimiza el tiempo para la obtención del simulador el pronóstico resultante de evaluación al proceso del Circuito Cerrado Molienda-Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?
2		Eficacia de pronóstico Simulador para el buen funcionamiento del proceso de un circuito Molienda – Clasificación Directa.	% de la función objetiva o capacidad de pronóstico de la simulación para el control de proceso Molienda - Clasificación Directa.	¿El pronóstico para el buen funcionamiento del circuito molienda-Clasificación es preciso?
3	Variable dependiente: Proceso Molienda – Clasificación Directa.	Eficiencia del proceso Molienda – Clasificación Directa.	% de recursos del proceso Molienda – Clasificación Directa.	¿Se minimiza las pérdidas de los recursos obtenidos del proceso de Molienda-Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?
4		Eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa.	% de Producto del molino (obtención de minerales valiosos).	¿Se obtiene la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible?

5	Funcionamiento del molino.	Nivel de Funcionamiento del molino.	¿El molino está diseñado para funcionar eficientemente (velocidad de rotación, peso de cargas de bolas y tamaño de las mismas)?
6	Desgastes del molino.	Nivel de desgastes del Molino.	¿El molino incrementa las restricciones de desgastes con el control de Molienda-Clasificación?
7	Asesoramiento al operador.	Nivel de asesoramiento del operador.	¿Se puede asesorar al operador con éxito para que mejore el proceso Molienda-Clasificación?
8	Gasto de energía	% de consumo de energía .	¿Se logra adquirir la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible, con el mínimo de gastos de energía ?

3.4. Instrumentos.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Técnicas:

- ✓ Encuestas
- ✓ La observación
- ✓ El Análisis Bibliográfico
- ✓ Entrevistas

Instrumentos

- ✓ Cuestionarios
- ✓ Guías de Observación
- ✓ Ficha Técnica
- ✓ Lista de Cotejo

3.5. Procesamientos.

Como explica Hernández Sampiere, Fernández Collado & Baptista Lucio (2014), cuando se habla sobre el alcance de una investigación no se debe pensar en una tipología, ya que más que una clasificación, lo único que indica dicho alcance es el resultado que se espera obtener del estudio. Según estos autores, de una investigación se pueden obtener cuatro tipos de resultados:

- 1) *Estudio exploratorio*: Se realizan cuando el objeto consiste en examinar un tema poco estudiado.
- 2) *Estudio descriptivo*: Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población
- 3) *Estudio correlacional*: Asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población.
- 4) *Estudio explicativo*: pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian.

☞ ***El nivel o alcance de esta investigación es correlacional y explicativo.***

Una vez que se precisó el planteamiento del problema, se definió el alcance inicial de investigación y se formularon las hipótesis (o no se establecieron debido a la naturaleza de estudio), el término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea.

En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza su o sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto particular o para aportar evidencia respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no tiene hipótesis).

Sugerimos a quien se inicia dentro de la investigación comenzar con estudios que se basen en un solo diseño. Utilizar más de un diseño eleva considerablemente los costos de la investigación.

El diseño de investigación es de tipo experimental donde tiene dos acepciones, una general y otra particular. *La general se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias. La esencia de esta concepción de experimento es que se requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados.*

La que vamos a usar en nuestro proyecto es la acepción particular de experimento se refiere a un estudio en el que se manipula intencionalmente una y más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador.

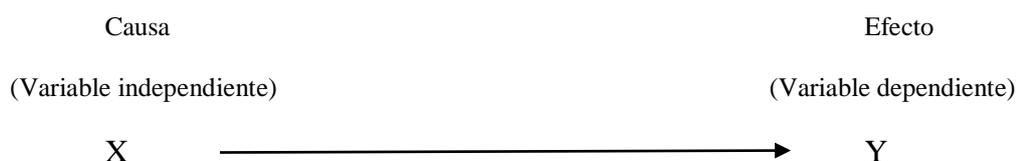


Figura 7. Esquema de experimento y variable.

Fuente. Hernandez Sampieri, Roberto. Libro METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control.

El primer requisito de un experimento es la manipulación intencional de una o más variables independientes. La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente,

y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (consecuente).

VARIABLE INDEPENDIENTE: Es la variable en el experimento, esta variable recibe el tratamiento o estímulo experimental MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN mejorando al tipo de SIMULACIÓN TRADICIONAL (Laboratorio Experimental).

VARIABLE DEPENDIENTE: PROCESO MOLIENDA – CLASIFICACIÓN DIRECTA.

INDICADORES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:

- ☞ Eficiencia de pronóstico del *modelo sistémico de simulación*.
- ☞ Eficacia de *pronóstico Simulador* para el buen funcionamiento del circuito Molienda – Clasificación Directa.

INDICADORES DE LA VARIABLE DEPENDIENTE:

- ☞ Eficiencia del *proceso Molienda – Clasificación Directa*.
- ☞ Eficacia del *proceso Molienda – Clasificación Directa*.
- ☞ Funcionamiento del molino.
- ☞ Desgastes del molino.
- ☞ Asesoramiento al operador.
- ☞ Gasto de energía

Eficacia es la capacidad de lograr un efecto deseado, esperado o anhelado. En cambio, **Eficiencia** es la capacidad de lograr ese efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles o en el menor tiempo posible.

La Efectividad es la unión de Eficiencia y Eficacia, es decir busca lograr un

efecto deseado, en el menor tiempo posible y con la menor cantidad de recursos.

3.6. Análisis de Datos.

EFICIENCIA DE PRONÓSTICO DEL MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN (TIEMPO RESULTANTE DEL MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN).

Este indicador trata de obtener los resultados de la simulación en el menor tiempo posible. La primera observación *grupo de control* se realizó desde el 20 al 27 de Marzo y la segunda observación *grupo experimental* se realizó desde el 29 al 31 de Marzo del año 2017; se utilizó los instrumentos como guía de observación y ficha técnica para investigar a 10 Circuitos Directo Cerrado de Plantas Concentradoras Metalúrgicas.

*Se ha tomado esta cantidad de circuitos usando el **muestreo probabilístico por racimos** porque nos vemos limitado por recursos financieros, por tiempo, por distancias geográficas y otros obstáculos.*

Este tipos de muestro que se usa son sinónimos de clusters o conglomerados; muestreo en el que las unidades de análisis se encuentran encapsulados en determinados lugares físicos.

Para el análisis de tiempo promedio del proceso de simulación, se han realizado pruebas que han consistido en lo siguiente:

-  Reducción del tiempo promedio para el análisis de simulación.
-  Reducción del tiempo promedio para registrar datos para la simulación.
-  Reducción del tiempo promedio para obtener los resultados de la simulación.

El grado de manipulación de la variable independiente en esta investigación es

el nivel mínimo de manipulación es de presencia-ausencia de la variable independiente. Cada nivel o grado de manipulación involucra un grupo en el experimento. Este nivel o grado implica que un grupo se expone a la presencia de la variable independiente y el otro no. Posteriormente, los dos grupos se comparan para saber si el grupo expuesto a la variable independiente difiere del grupo que no fue expuesto. Al primero se le conoce como **grupo experimental** y al otro en el que está ausente la variable independiente, se le denomina **grupo de control**. Pero en realidad ambos grupos participan en el experimento.

A la presencia de la variable independiente con frecuencia se le llama “tratamiento experimental”, “intervención experimental” o “estímulo experimental”. Es decir el grupo experimental recibe el tratamiento o estímulo experimental o lo que es lo mismo se le expone a la variable independiente; el grupo de control no recibe el tratamiento o tratamiento experimental. Ahora bien, el hecho de que uno de los grupos no se exponga al tratamiento experimental no significa que su participación en el experimento sea pasiva. Por el contrario, implica que realiza las mismas actividades que el grupo experimental, excepto someterse al estímulo.

Con las muestras, se ha procedido a hacer las pruebas para obtener los tiempos de proceso de la simulación tradicional y el modelo sistémico de simulación; Los resultados que se han obtenido se presentan en la siguiente TABLA A para la simulación tradicional.

- **SIMULACIÓN TRADICIONAL (Grupo de Control).**

En este grupo no se somete al estímulo experimental a la variable independiente es decir que el PROCESO DE SIMULACIÓN ES DE FORMA TRADICIONAL O NO SE MANIPULA.

TABLA A: Resumen del tiempo promedio del proceso de simulación en forma tradicional.

Nro. de Circuito de la Planta:	TIPO DE PROCESO	TIEMPO RESULTANTE	
1	Duración para obtener los resultados de la simulación.	5	días
2		4	días
3		6	días
4		3	días
5		4	días
6		5	días
7		5	días
8		4	días
9		5	días
10		5	días

Media =	5	días
---------	---	------

El tiempo actual promedio de proceso de simulación tradicional (Laboratorio Experimental), nos dio como resultado 5 días aproximadamente.

Para este proceso se realizó un seguimiento de cada uno de los 10 circuitos para tomar el tiempo desde el día de inicio hasta el día final en que terminó el proceso de simulación tradicional.

Este tiempo varió dependiendo la realidad de cada circuito de molienda – clasificación de una planta concentradora.

Como podemos observar en el resultado, el proceso de simulación tradicional toma un promedio de 5 días en realizarse.

- **MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN (Grupo experimental).**

En este grupo se somete al tratamiento o estímulo experimental a la variable independiente mejorando al tipo de SIMULACIÓN TRADICIONAL (Laboratorio Experimental).

Se ha calculado el tiempo estimado con los 10 circuitos Molienda – Clasificación

de la muestra, se ha procedido a realizar el experimento a la variable independiente SIMULACIÓN sometiéndole al tratamiento del Modelo Sistémico; Los resultados que se han obtenido se presentan en la TABLA B.

TABLA B: Tiempo estimado promedio del proceso de Modelo Sistémico de Simulación.

Nro. de Circuito de la Planta:	TIPO DE PROCESO	TIEMPO RESULTANTE	
		1	1
2	Duración para obtener los resultados de la simulación.	2	días
3		1	días
4		1	días
5		2	días
6		1	días
7		1	días
8		1	días
9		1	días
10		2	días

Media =	1	días
---------	---	------

El tiempo estimado que utilizaría para obtener los resultados de la simulación sería de 1 día en promedio para el proceso del Modelo Sistémico de Simulación. En las tablas de resultados podemos observar que antes de implementar el sistema; el tiempo promedio que tomaba lograr los resultados de la Simulación tradicional era de 5 días, sin embargo con la implementación del Modelo Sistémico de Simulación se redujo a 1 día, lo que se convierte en un beneficio importante para el proceso del circuito Molienda – Clasificación Directa Cerrado de una Planta Concentradora Metalúrgico.

Eficiencia y Eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa

Cerrado (*Puntajes de las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos que evalúan los procesos de los Molienda-Clasificación de las*

Plantas Concentradoras).

Con la finalidad de obtener información sobre la eficiencia y eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa Cerrado se procedió a realizar una encuesta a los operadores metalúrgicos en este proceso.

A continuación se presenta los resultados de la encuesta y el análisis e interpretación correspondiente:

Encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos para cuantificar el grado de influencia que ejerce un Modelo Sistémico de Simulación en la eficiencia y eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.

1. ¿Se minimiza el tiempo para la obtención del simulador el pronóstico resultante de evaluación al proceso del Circuito Cerrado Molienda-Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?

Tabla 4.1: Simulador Tradicional.- Minimiza el tiempo para la obtención del simulador el pronóstico resultante.

Puntaje		Muestra de la Población	Porcentaje
1	Muy Poco	1	10
2	Poco	2	20
3	Regular	3	30
4	Aceptable	2	20
5	Muy Aceptable	2	20
Total		10	100

Gráfico 4.1.

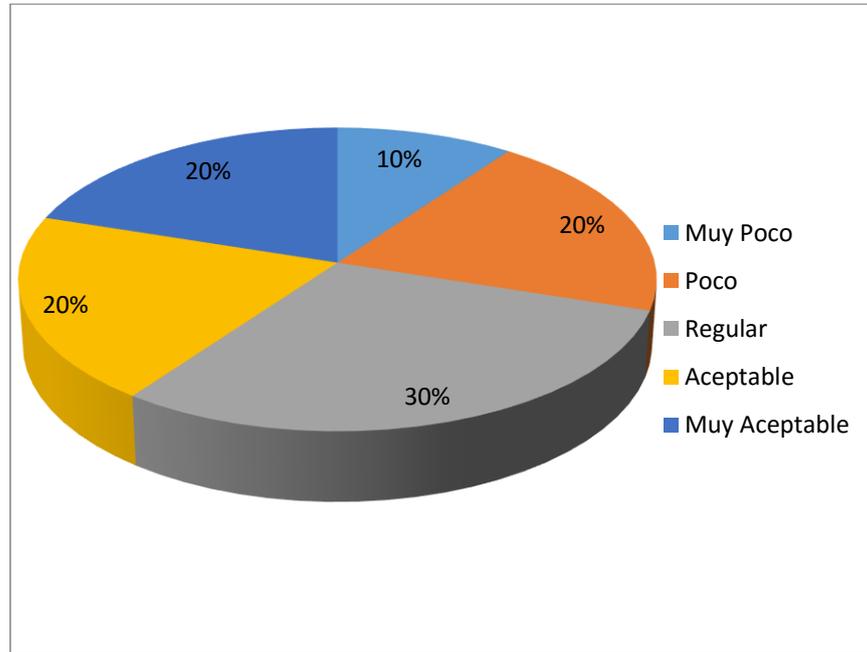
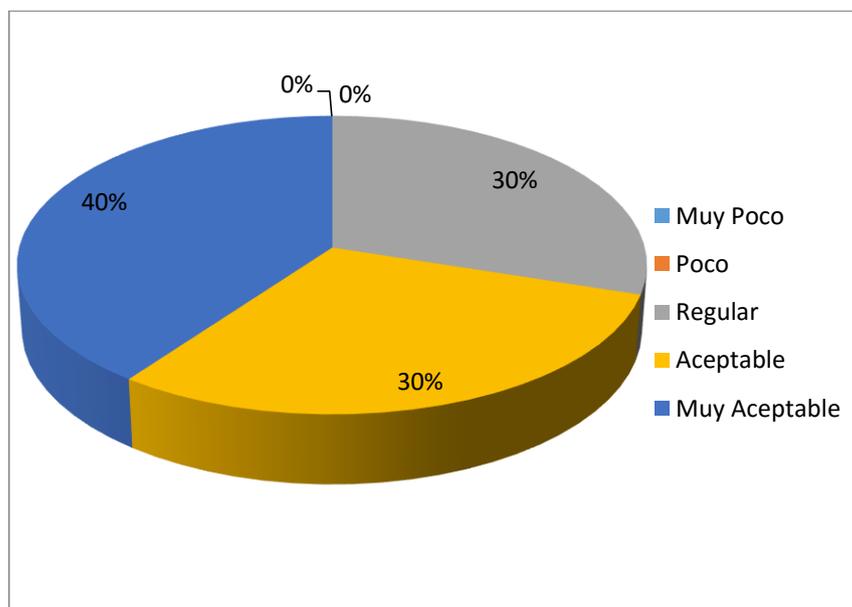


Tabla 4.2: Modelo Sistémico de Simulación.- Minimiza el tiempo para la obtención del simulador el pronóstico resultante.

	Puntaje	Muestra de la Población	Porcentaje
1	Muy Poco	0	0
2	Poco	0	0
3	Regular	3	30
4	Aceptable	3	30
5	Muy Aceptable	4	40
	Total	10	100

Gráfico 4.2.



a) Análisis.

Las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos de las plantas concentradoras, en la pregunta Nro. 1 se analiza e interpreta los resultados que figura en el gráfico 4.1 y 4.2: se entiende que el proceso Simulación Tradicional reduce su tiempo para la obtención de resultados pronóstico en forma regular al 30% y en el proceso de Modelo Sistémico de Simulación reduce su tiempo para la obtención de resultados pronóstico en forma muy aceptable al 40%.

b) Interpretación.

En el proceso de Modelo Sistémico de Simulación reduce su tiempo muy aceptable que en la Simulación Tradicional.

2. ¿El pronóstico para el buen funcionamiento del circuito molienda-Clasificación es precisa?

Tabla 4.3: Simulación Tradicional.- Precisión de Pronóstico para el buen funcionamiento del circuito Molienda - Clasificación.

Puntaje		Muestra de la Población	Porcentaje %
1	Muy Poco	0	0

2	Poco	1	10
3	Regular	1	10
4	Aceptable	2	20
5	Muy Aceptable	6	60
Total		10	100

Gráfico 4.3.

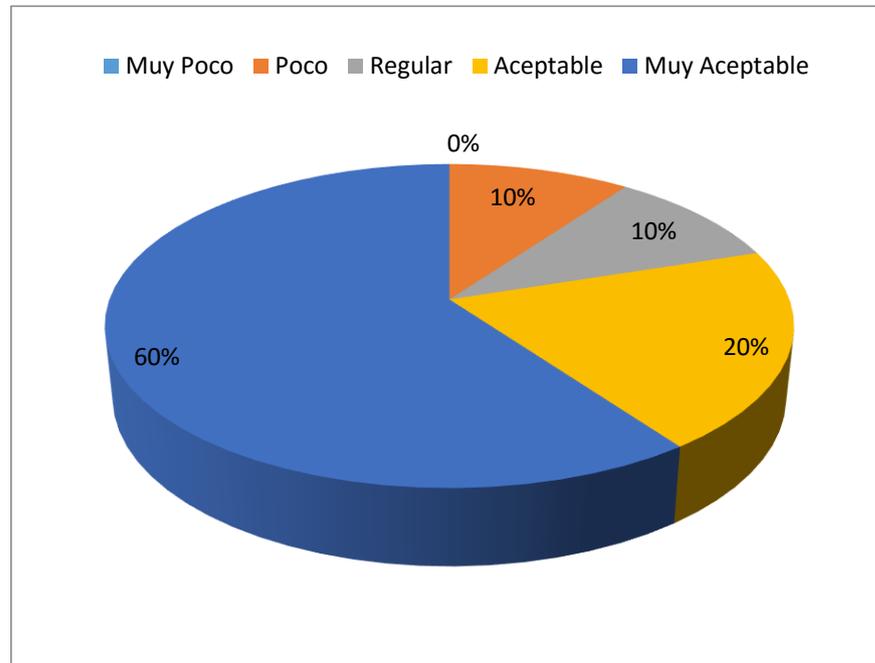
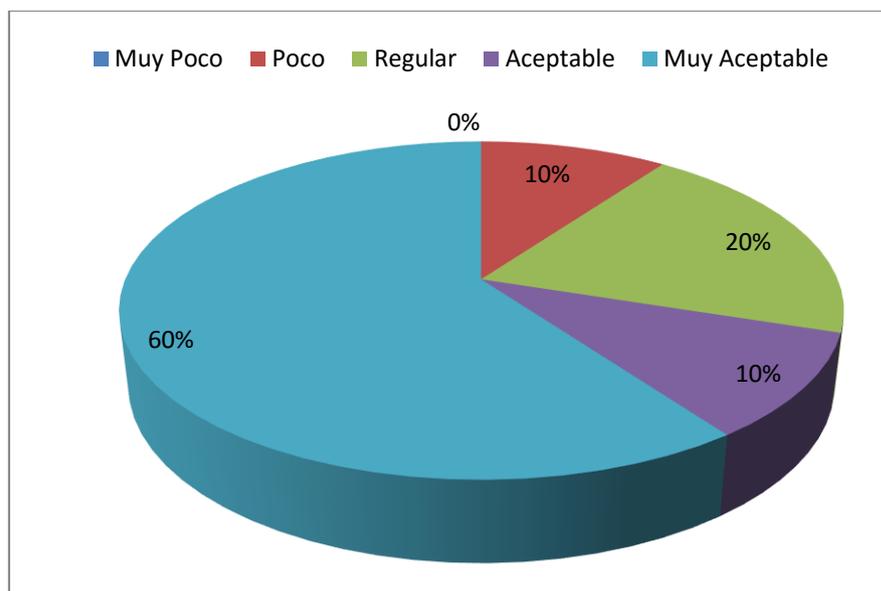


Tabla 4.4: Simulación de Modelo Sistémico.- Precisión de Pronóstico para el buen funcionamiento del circuito Molienda - Clasificación.

Puntaje		Muestra de la Población	Porcentaje %
1	Muy Poco	0	0
2	Poco	1	10
3	Regular	2	20
4	Aceptable	1	10
5	Muy Aceptable	6	60
Total		10	100

Gráfico 4.4.



a) Análisis.

Las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos de las plantas concentradoras, en la pregunta Nro. 2 se analiza e interpreta los resultados que figura en el gráfico 4.3 y 4.4: se entiende que el proceso de Simulación Tradicional (Laboratorio experimental) su pronóstico para el buen funcionamiento del Circuito molienda-Clasificación es precisa al 60% al igual que el proceso de Modelo Sistémico de Simulación.

b) Interpretación.

La diferencia de precisión del pronóstico para el buen funcionamiento del Circuito molienda-Clasificación entre la Simulación Tradicional y el Modelo Sistémico de Simulación es pequeñísima.

3. ¿Se minimiza las pérdidas de los productos obtenidos del proceso de Molienda-Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?

Tabla 4.5: Simulación Tradicional.- Minimiza las pérdidas de los productos obtenidos del proceso de Molienda-Clasificación Directa.

	Puntaje	Muestra de la Población	Porcentaje %
1	Muy Poco	1	10

2	Poco	2	20
3	Regular	4	40
4	Aceptable	2	20
5	Muy Aceptable	1	10
Total		10	100

Gráfico 4.5.

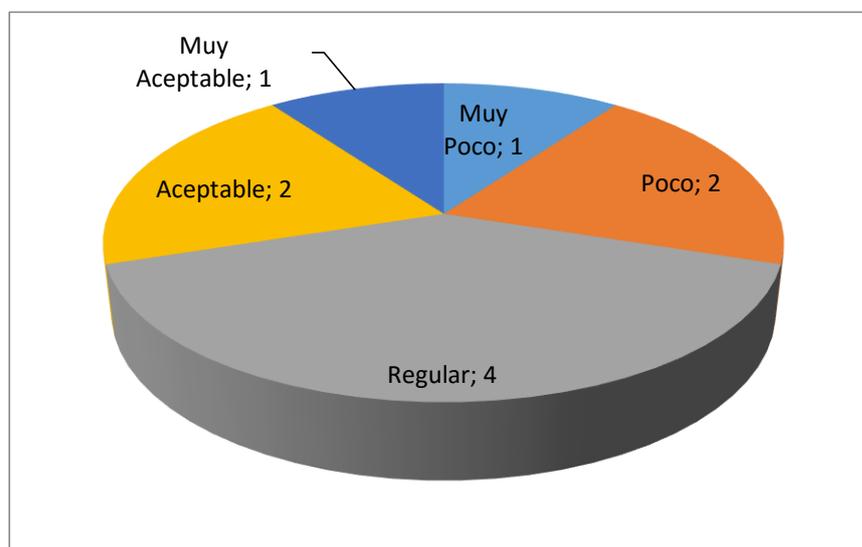
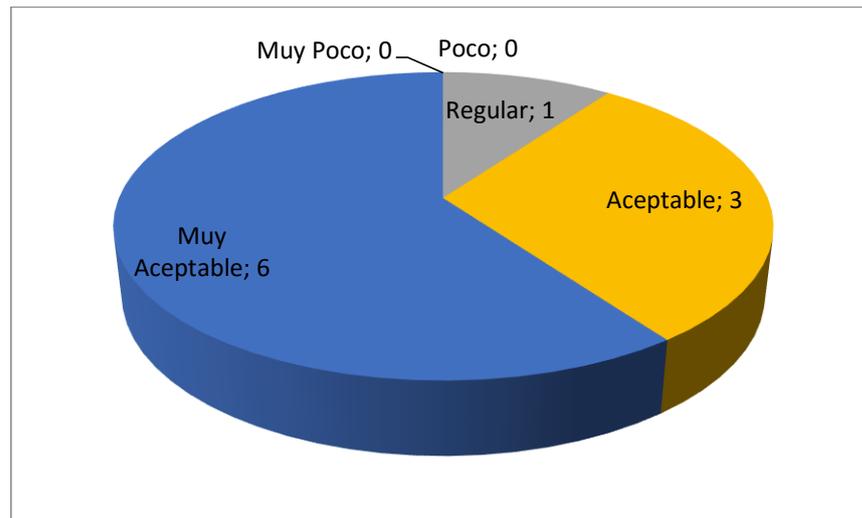


Tabla 4.6: Simulación de Modelo Sistémico.- Minimiza las pérdidas de los productos obtenidos del proceso de Molienda-Clasificación Directa.

	Puntaje	Muestra de la Población	Porcentaje %
1	Muy Poco	0	0
2	Poco	0	0
3	Regular	1	10
4	Aceptable	3	30
5	Muy Aceptable	6	60
Total		10	100

Gráfico 4.6.



a) Análisis.

Las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos de las plantas concentradoras, en la pregunta Nro. 3 se analiza e interpreta los resultados que figura en el gráfico 4.5 y 4.6: se entiende que el proceso Simulación Tradicional minimiza las pérdidas de los productos obtenidos del proceso de Molienda-Clasificación Directa en forma regular al 40% y en el proceso de Modelo Sistémico de Simulación minimiza las pérdidas de los productos obtenidos del proceso de Molienda-Clasificación Directa en forma muy aceptable al 60%.

b) Interpretación.

En el proceso de Modelo Sistémico de Simulación minimiza las pérdidas de los productos obtenidos del proceso de Molienda-Clasificación muy aceptable que en la Simulación Tradicional.

4. ¿Se obtiene la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible?

Tabla 4.7: Simulación Tradicional.- Cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible.

Puntaje	Muestra de la Población	Porcentaje
---------	-------------------------	------------

1	Muy Poco	1	10
2	Poco	1	10
3	Regular	2	20
4	Aceptable	3	30
5	Muy Aceptable	3	30
Total		10	100

Gráfico 4.7.

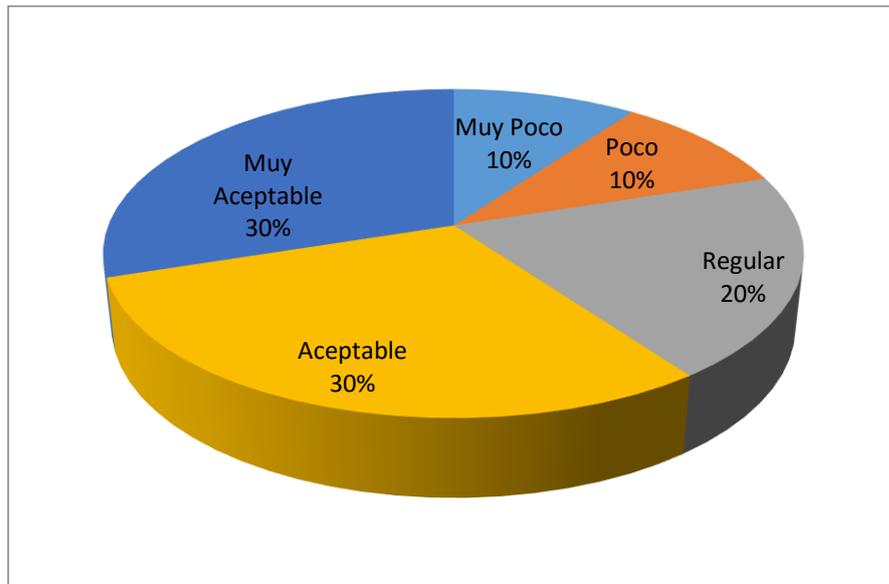
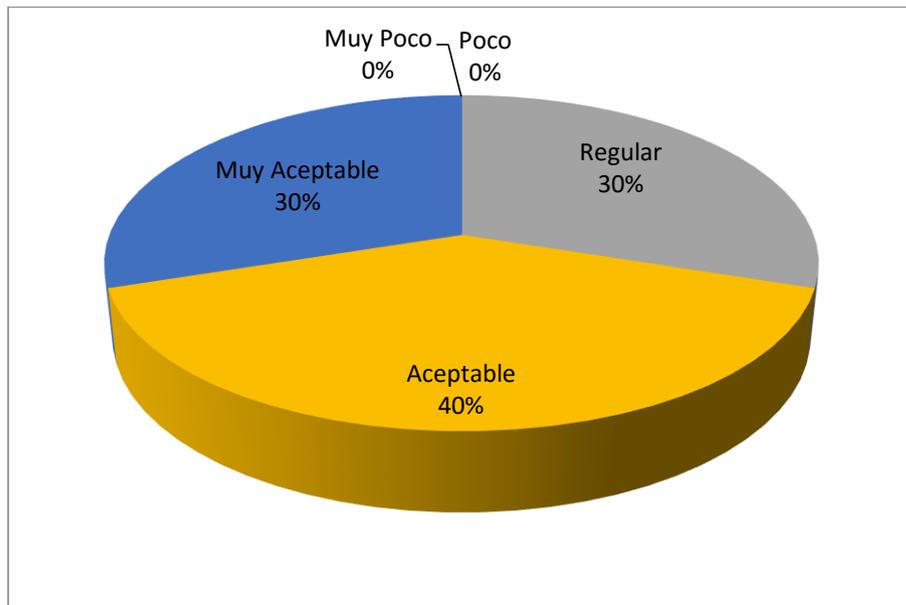


Tabla 4.8: Simulación de Modelo Sistémico.- Cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible.

	Puntaje	Muestra de la Población	Porcentaje %
1	Muy Poco	0	0
2	Poco	0	0
3	Regular	3	30
4	Aceptable	4	40
5	Muy Aceptable	3	30
Total		10	100

Gráfico 4.8.



a) Análisis.

Las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos de las plantas concentradoras, en la pregunta Nro. 4 se analiza e interpreta los resultados que figura en el gráfico 4.7 y 4.8: se entiende que el proceso Simulación Tradicional la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible es muy aceptable al 30% y en el proceso de Modelo Sistémico de Simulación es aceptable al 40 %.

b) Interpretación.

En el proceso de Modelo Sistémico de Simulación la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible es aceptable al 40% que en la Simulación Tradicional (Laboratorio Experimental) que es el 30%.

5. ¿El molino está diseñado para funcionar eficientemente (velocidad de rotación, peso de cargas de bolas y tamaño de las mismas)?

Tabla 4.9: Simulación Tradicional.- El molino está diseñado para funcionar eficientemente.

Puntaje	Muestra de la Población	Porcentaje
---------	-------------------------	------------

1	Muy Poco	0	0
2	Poco	2	20
3	Regular	3	30
4	Aceptable	2	20
5	Muy Aceptable	3	30
Total		10	100

Gráfico 4.9.

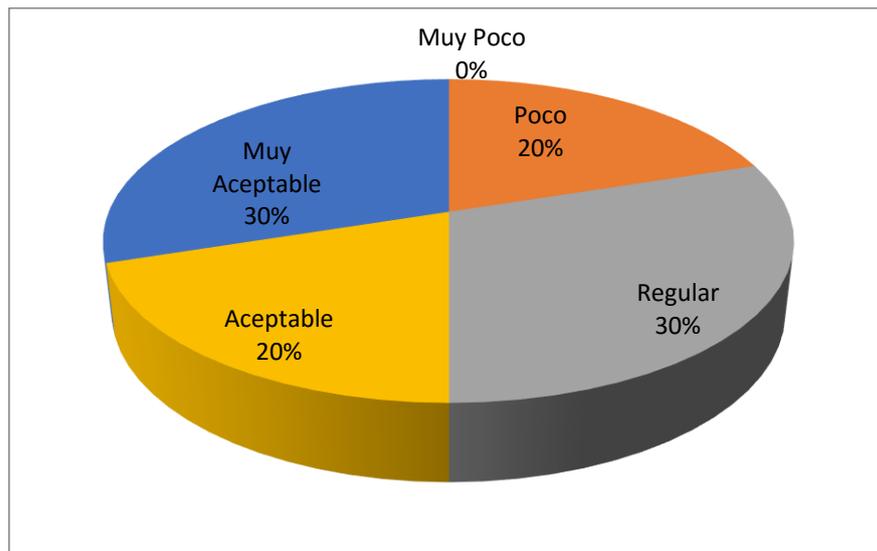
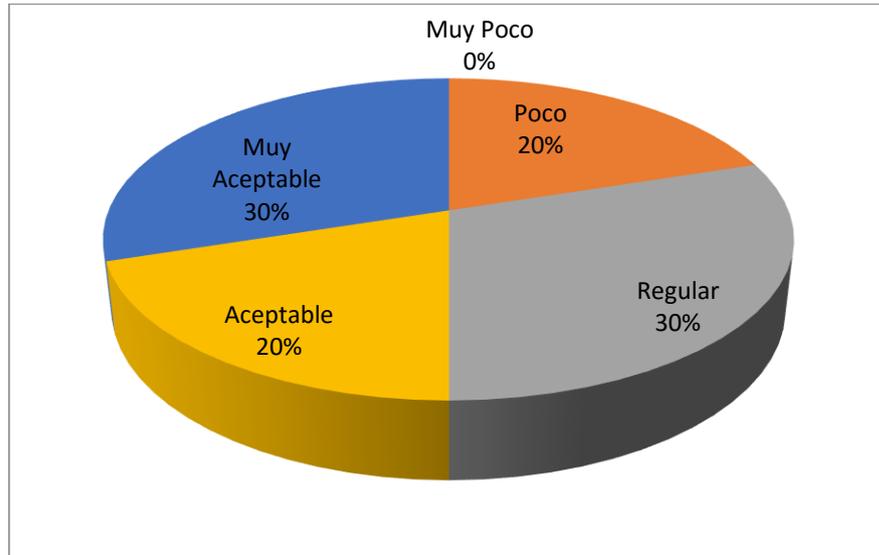


Tabla 4.10: Simulación de Modelo Sistémico.- El molino está diseñado para funcionar eficientemente.

Puntaje		Muestra de la Población	Porcentaje
1	Muy Poco	0	10
2	Poco	2	20
3	Regular	3	30
4	Aceptable	2	20
5	Muy Aceptable	3	20
Total		10	100

Gráfico 4.10.



a) Análisis.

Las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos de las plantas concentradoras, en la pregunta Nro. 5 se analiza e interpreta los resultados que figura en el gráfico 4.9 y 4.10: se entiende que en el proceso Simulación Tradicional el molino está diseñado para funcionar eficientemente en forma muy aceptable al 30%.y en el proceso de Modelo Sistémico de Simulación también al 30%.

b) Interpretación.

En el proceso de Modelo Sistémico de Simulación el molino está diseñado para funcionar eficientemente al igual que en la Simulación Tradicional (Laboratorio Experimental).

6. ¿El molino incrementa las restricciones de desgastes con el control de Molienda-Clasificación?

Tabla 4.11: Simulación Tradicional.- Restricciones de desgastes del molino.

Puntaje	Muestra de la Población	Porcentaje
1	Muy Poco	10

2	Poco	1	10
3	Regular	3	30
4	Aceptable	3	30
5	Muy Aceptable	2	20
Total		10	100

Gráfico 4.11.

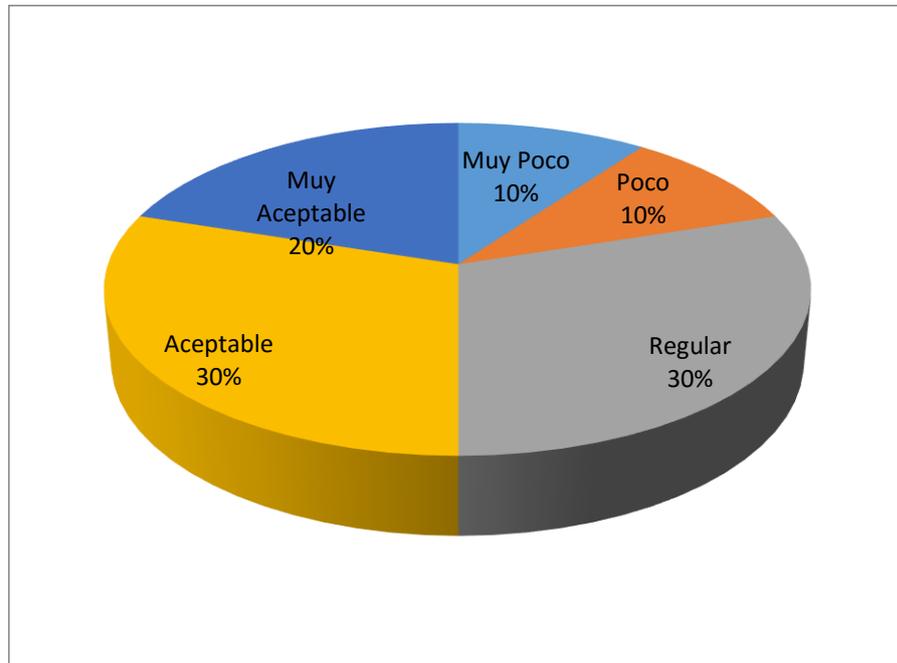
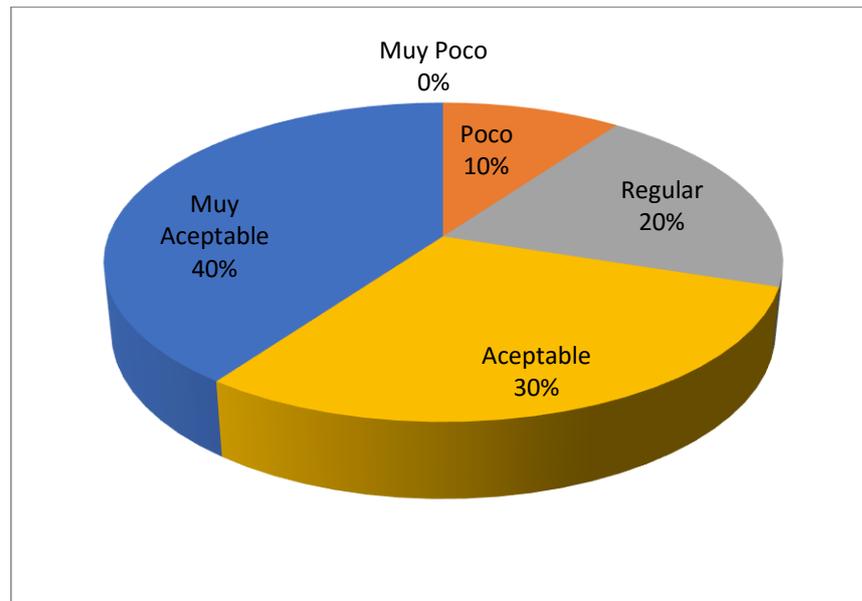


Tabla 4.12: Simulación de Modelo Sistémico.- Restricciones de desgastes del molino.

Puntaje		Muestra de la Población	Porcentaje
1	Muy Poco	0	0
2	Poco	1	10
3	Regular	2	20
4	Aceptable	3	30
5	Muy Aceptable	4	40
Total		10	100

Gráfico 4.12.



a) Análisis.

Las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos de las plantas concentradoras, en la pregunta Nro. 6 se analiza e interpreta los resultados que figura en el gráfico 4.11 y 4.12: se entiende que el proceso Simulación Tradicional restringe los desgastes del molino en forma muy aceptable al 20% y en el proceso de Modelo Sistémico de Simulación al 40%.

b) Interpretación.

En el proceso de Modelo Sistémico de Simulación reduce los desgastes del molino al 20% que en la Simulación Tradicional que es 40%.

7. ¿Se puede asesorar al operador con éxito para que mejore el proceso Molienda-Clasificación?

Tabla 4.13: Simulación Tradicional.- Asesoramiento con éxito al operador para que mejore el proceso Molienda-Clasificación.

	Puntaje	Muestra de la Población	Porcentaje
1	Muy Poco	0	0
2	Poco	2	20

3	Regular	2	20
4	Aceptable	3	30
5	Muy Aceptable	3	30
Total		10	100

Gráfico 4.13.

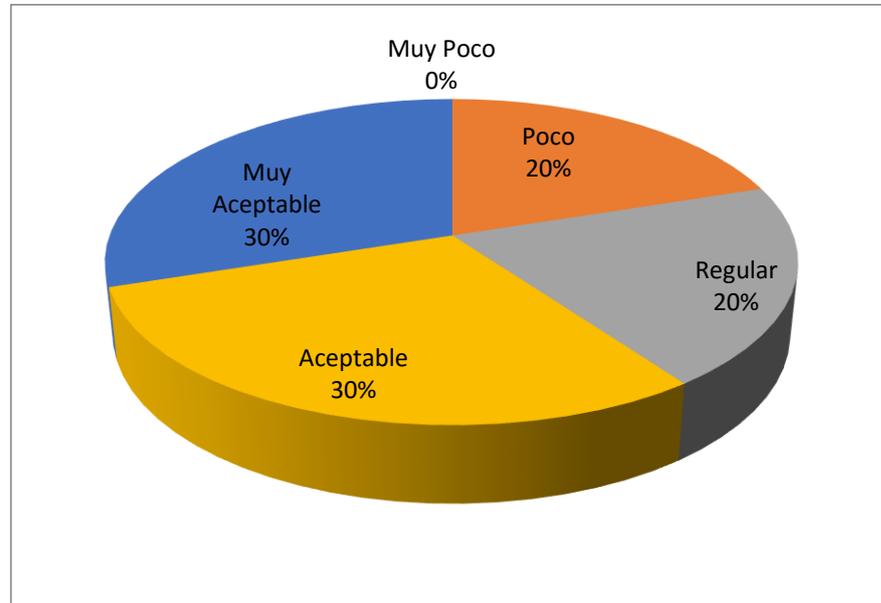
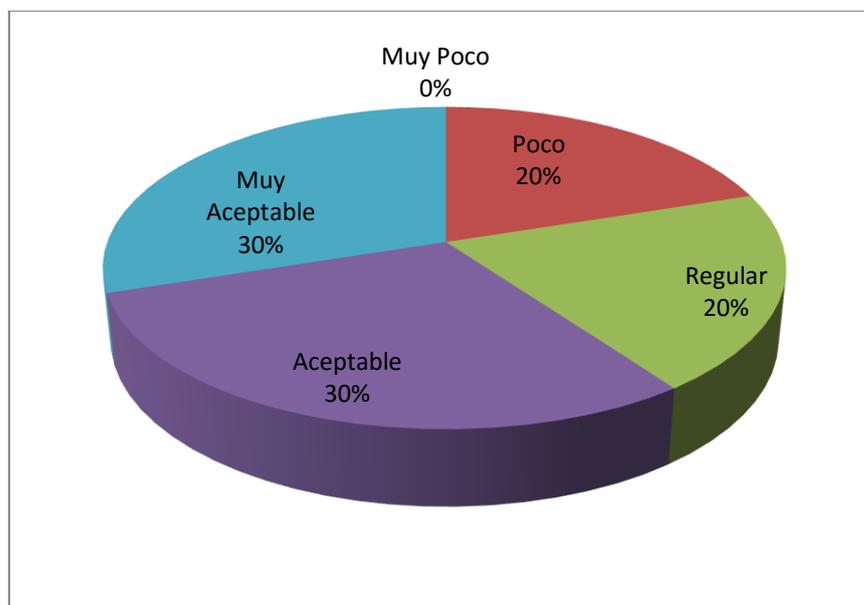


Tabla 4.14: Simulación de Modelo Sistémico.- Asesoramiento con éxito al operador para que mejore el proceso Molienda-Clasificación.

Puntaje		Muestra de la Población	Porcentaje
1	Muy Poco	0	0
2	Poco	1	10
3	Regular	2	20
4	Aceptable	3	30
5	Muy Aceptable	4	40
Total		10	100

Gráfico 4.14.



a) Análisis.

Las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos de las plantas concentradoras, en la pregunta Nro. 7 se analiza e interpreta los resultados que figura en el gráfico 4.13 y 4.14: se entiende que en el proceso Simulación Tradicional se puede asesorar al operador con éxito para que mejore el proceso Molienda-Clasificación al 30% y en el proceso de Modelo Sistémico de Simulación también es muy aceptable al 30%.

b) Interpretación.

En el proceso Simulación Tradicional se puede asesorar al operador con éxito para que mejore el proceso Molienda-Clasificación al igual que en la Modelo Sistémico de Simulación.

8. ¿Se logra adquirir la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible, con el mínimo de gastos de energía?

Tabla 4.15: Simulación Tradicional.- Se logra adquirir la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible, con el mínimo de gastos de energía.

Puntaje		Muestra de la Población	Porcentaje
1	Muy Poco	0	0
2	Poco	1	10
3	Regular	4	40
4	Aceptable	2	20
5	Muy Aceptable	3	30
Total		10	100

Gráfico 4.15.

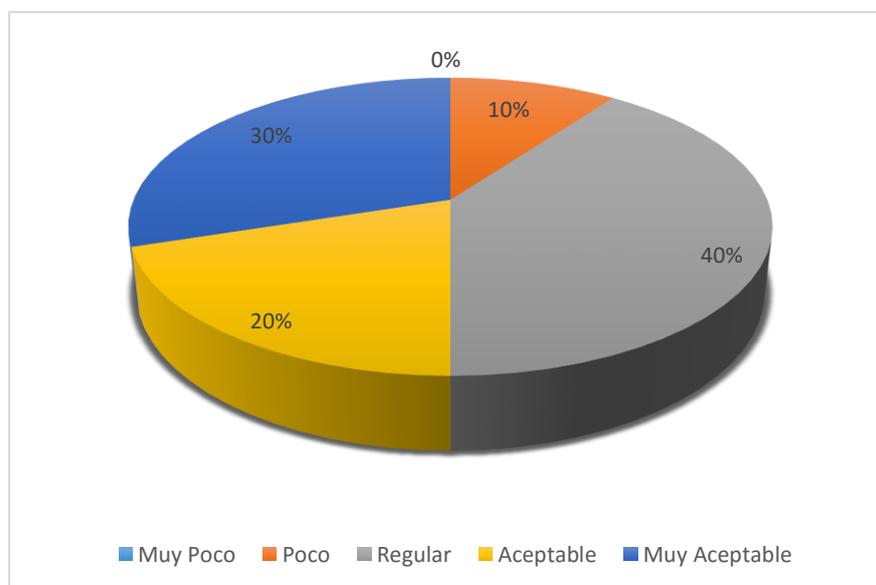
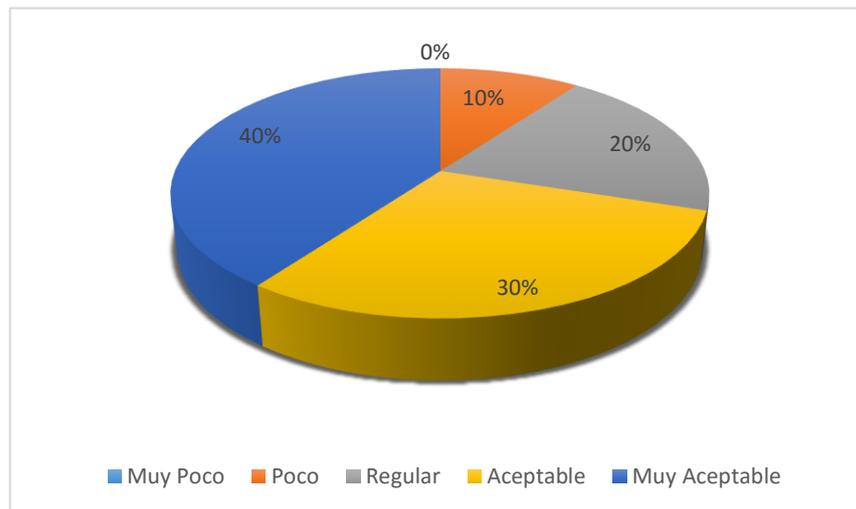


Tabla 4.16: Simulación de Modelo Sistémico.- Se logra adquirir la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible, con el mínimo de gastos de energía.

Puntaje		Muestra de la Población	Porcentaje
1	Muy Poco	0	0
2	Poco	1	10
3	Regular	2	20
4	Aceptable	3	30
5	Muy Aceptable	4	40
Total		10	100

Gráfico 4.16.



a) Análisis.

Las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos de las plantas concentradoras, en la pregunta Nro. 8 se analiza e interpreta los resultados que en el gráfico 4.15 y 4.16: se entiende que el proceso Simulación Tradicional se logra adquirir la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible, con el mínimo de gastos de energía muy aceptable al 30% y en el proceso de Modelo Sistémico de Simulación al 40 %.

b) Interpretación.

En el proceso de Modelo Sistémico de Simulación se logra adquirir la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible, con el mínimo de gastos de energía al 40% que en la Simulación Tradicional.

3.7. Consideraciones éticas.

DESARROLLO DE SOFTWARE CON LA METODOLOGÍA RUP DE UN MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN PARA EVALUAR EL PROCESO DE MOLIENDA – CLASIFICACIÓN DIRECTA CERRADO DE PLANTAS CONCENTRADORAS METALÚRGICAS.

Proceso Unificado, es una metodología de desarrollo de software, basado en UML. Hay una serie de herramientas y productos diseñados para facilitar la aplicación. Una de las versiones más populares es la de Rational Unified Process.

La metodología RUP, abreviatura de Rational Unified Process (o Proceso Unificado Racional), es un proceso propietario de la ingeniería de software creado por Rational Software, adquirida por IBM y lo que es una marca en el área de software, proporcionando técnicas que deben seguir los miembros del equipo de desarrollo de software con el fin de aumentar su productividad en el proceso de desarrollo.

La metodología RUP utiliza el enfoque de la orientación a objetos en su diseño y está diseñado y documentado el uso de la notación UML (Unified Modeling Language) para ilustrar los procesos en acción. Utiliza técnicas y prácticas probadas comercialmente.

El ciclo de vida RUP es una implementación del desarrollo en espiral. Fue creado ensamblando los elementos en secuencias semi-ordenadas. El ciclo de vida organiza las tareas en fases e iteraciones.

RUP divide el proceso en cuatro fases, dentro de las cuales se realizan pocas pero grandes y formales iteraciones en número variable según el proyecto.

FASE I: INICIO

MODELO DEL NEGOCIO.

Reglas del Negocio:

- Al diseñar cualquier tipo de reactor, el primer objetivo del ingeniero de proceso es dimensionar el reactor de acuerdo a la producción requerida de producto de la calidad deseada, usando coeficientes cinéticos, balances térmicos y de masa, y coeficientes de transferencia de calor.

- Se debe permitir la entrada o extracción de suficiente energía para producir la reacción deseada y se debe diseñar para minimizar reacciones indeseables.
- El sistema debe ser estable y controlable, para cumplir, si fuese necesario, con una variedad de especificaciones del producto.
- Se debe obtener la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible, con el mínimo de costo de capital, de gastos de energía y de costos de mantenimiento y mano de obra.
- Un paso básico en el diseño de un circuito de molienda es el dimensionamiento del molino para obtener el tonelaje por hora deseado de producto a partir de una alimentación específica.
- El gasto de capital por unidad de capacidad de molienda debe ser minimizado, lo que envuelve una correcta selección de las condiciones de molienda tales como velocidad de rotación, peso de la carga de bolas, y tamaño de las mismas.
- Asociado con el paso básico de determinación del tamaño del molino, está la especificación de la energía necesaria para operarlo, y el consumo esperado de energía por tonelada del producto.
- Obviamente el diseñador desea ser capaz de especificar las condiciones de molienda que produzcan un consumo mínimo de energía por tonelada del producto. Sin embargo, se debe recordar que las condiciones de mínima energía no son necesariamente aquellas para una máxima capacidad o para la más alta rentabilidad de la planta.
- En general, el molino debe ser diseñado para funcionar con la más eficiente molienda posible, definida por la mayor capacidad específica de molienda y el

más bajo consumo de energía, sujeto a restricciones de desgaste, costos de mantenimiento y contaminación del producto.

- Además es usualmente muy deseable el saber cómo reaccionará el circuito ante cambios en las condiciones de operación, de tal manera que se pueda asesorar al operador que tiene que manejar el circuito para cumplir especificaciones.
- Como en muchos sistemas de reactores, el uso de varias etapas de molienda combinadas con recirculación puede ser ventajoso. Es una práctica común pasar el material que sale del molino a través de un clasificador de tamaño, el cual divide el producto de la molienda en dos flujos, uno que contiene partículas más gruesas (sobretamaño) y las otras partículas muy finas (bajotamaño). El flujo de partículas gruesas es recirculado al punto de alimentación del molino.
- -El proceso de separación selectiva de tamaños se conoce como clasificación, existiendo varios tipos de equipos que producen esta acción de clasificación: harneros continuos, clasificadores de espiral y de rastras, hidrociclones, separadores de aire y otros. El diseño del circuito debe incluir una especificación de la cantidad óptima de recirculación y cómo obtenerla.

MODELO DE CASO DE USO DEL NEGOCIO.

Un Diagrama de Casos de Uso muestra la relación entre los actores y los casos de uso del sistema. Representa la funcionalidad que ofrece el sistema en lo que se refiere a su interacción externa.

Elementos: Los elementos que pueden aparecer en un Diagrama de Casos de Uso son: actores, casos de uso y relaciones entre casos de uso.

Actor: Un actor es una entidad externa al sistema que realiza algún tipo de interacción con el mismo. Se representa mediante una figura humana dibujada con palotes. Esta representación sirve tanto para actores que son personas como para otro tipo de actores (otros sistemas, sensores, etc.).

Caso de uso:

Un caso de uso es una descripción de la secuencia de interacciones que se producen entre un actor y el sistema, cuando el actor usa el sistema para llevar a cabo una tarea específica. Expresa una unidad coherente de funcionalidad, y se representa en el Diagrama de Casos de Uso mediante una elipse con el nombre del caso de uso en su interior. El nombre del caso de uso debe reflejar la tarea específica que el actor desea llevar a cabo usando el sistema.

Diagrama 01: Actor Administrador.

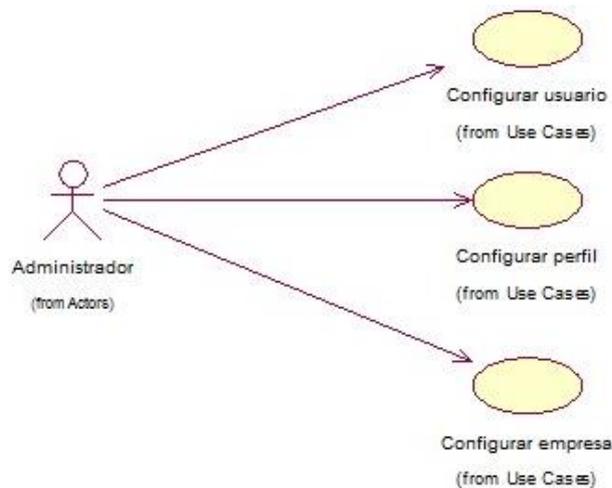


Diagrama 02: Actor Metalurgista.

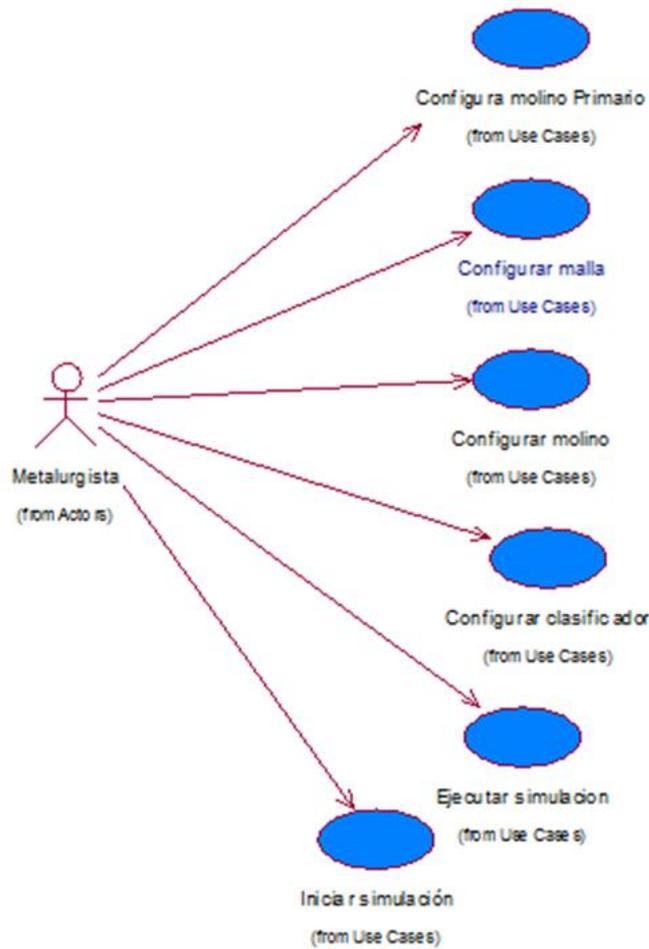


Diagrama 03: Actor Asistente Metalúrgico.



DOCUMENTACIÓN DE LOS CASOS DE USO DEL NEGOCIO.

El siguiente Caso de Uso de Alto Nivel describe el proceso de sacar dinero cuando se está usando un cajero automático:

A. CASOS DE USO: CONFIGURAR USUARIO.

ACTORES: ADMINISTRADOR.

1. Configurar usuario.

1.1 Breve descripción.

Desde esta opción el Administrador podrá dar mantenimiento a los usuarios que ingresan al sistema de simulación de molienda-clasificación.

2. Flujo de Eventos.

2.1 Flujo Básico: Configuración de usuario

- a) Del menú principal el Administrador ejecutará la opción Configurar usuario.
- b) Se abrirá la ventana Configurar Usuario mostrando una lista de los usuarios registrados en el sistema.
- c) El botón Nuevo, abrirá la ventana Nuevo usuario donde se ingresará la información de un nuevo usuario.
- d) El botón Modificar, abrirá la ventana Modificar usuario donde se podrá modificar la información de un usuario registrado en el sistema. Previamente deberá seleccionar un usuario de la lista de usuarios si existe. Inicialmente aparecerá seleccionado el primer usuario en la lista.
- e) El botón Cancelar cerrará la ventana Configurar usuario y devolver el control al menú principal.

2.2 Flujo Alternativos.

- a) Al abrir la ventana se mostrará el Id en blanco.
- b) Procederá ingresar la información básica del usuario: Nombre, Descripción, Vigencia del usuario (fecha de inicio y fin de vigencia).
- c) Seleccione la Empresa vinculada al usuario.
- d) Marque la casilla de verificación Administrador, si el nuevo usuario será Administrador del sistema.
- e) El botón Guardar registrará la información ingresada del usuario en el sistema, validando que el Nombre de usuario no esté registrado previamente y que la Vigencia sea válida. Si todo es correcto se generará un Id nuevo. La clave del usuario inicialmente estará en blanco.
- f) El botón Cancelar, cerrará la ventana y devolverá a la ventana anterior (Configurar usuario) previa confirmación del usuario.
- g) El botón Asignar Perfil..., abrirá la ventana asignar perfil dónde se asignará el perfil al usuario recientemente creado. Este botón esta inicialmente desactivado hasta que se guarde la información del usuario.
- h) El botón Resetear clave, aparece desactivado.

2.2 Flujos Alternativos.

2.2.1 Dar de baja un usuario.

Eliminar de la lista de usuarios activos que se muestran en la ventana Configurar usuarios. La eliminación es lógica no física.

3. Requisitos especiales.

3.1 Durante la construcción de la aplicación utilizar estándares de programación JAVA.

3.2 En la construcción de la aplicación se utilizarán 4 capas.

3.3 La aplicación cliente servidor correrá sobre la plataforma de Windows.

3.4 La BD se creará con SQL SERVER.

4. Pre condición.

4.1 Existe un usuario Administrador.

Para configurar usuarios se deberá contar con un usuario tipo Administrador.

5. Post condición.

5.1 Usuario podrá ingresar al sistema.

De haber configurado correctamente el usuario podrá ingresar al sistema y según sea el perfil asignado tendrá acceso a las opciones del menú.

B. CASOS DE USO: CONFIGURAR EMPRESA

ACTORES: ADMINISTRADOR.

1. Configurar empresa.

1.1 Breve descripción.

Permite al Administrador del sistema dar mantenimiento a la información de una empresa.

2. Flujo de Eventos.

2.1 Flujo Básico: Configurar empresa

- a) Del menú principal seleccionar la opción Configurar Empresa
- b) Se abrirá la ventana Configurar Empresa, mostrando la lista de empresas registradas en el sistema. En la lista se mostrará la columna Razón social.
- c) Para crear una nueva empresa utilice el botón Nuevo.
- d) Utilice el botón Modificar, para modificar la información de la empresa seleccionada.
- e) Seleccione la empresa de la lista y dar clic en el botón Eliminar, para eliminar un empresa. La eliminación será lógica (desactiva la empresa).
- f) Para salir de la ventana dar clic en el botón Cancelar.

2.2 Flujo Básico: Nueva/Modificar Empresa.

- a) Si está creando una nueva empresa: Ingrese el RUC, la razón social, la dirección y la ciudad de la empresa. Luego dar clic en el botón Guardar para registrar los datos de la nueva empresa en el sistema.
- b) Si está modificando la información de la empresa, no podrá modificar el RUC de la empresa.

- c) El botón Cancelar, abortará los cambios realizados y cerrará la ventana. Si se realizó algún cambio se solicitará confirmación antes de cerrar la ventana.

3. Requisitos especiales:

- a) Durante la construcción de la aplicación utilizar estándares de programación JAVA.
- b) En la construcción de la aplicación se utilizarán 4 capas.
- c) La aplicación cliente servidor correrá sobre la plataforma de Windows.
- d) La BD se creará con SQL SERVER.

4. Pre condición.

4.1 Accesible para usuario Administrador.

Debe haber ingresado al sistema como usuario Administrador.

5. Post condición.

5.1 Especificar una empresa al usuario.

Si los datos de la empresa son correctos aparecerá el nombre de la empresa en la lista de Empresas durante la configuración del usuario.

6. Puntos de Extensión.

6.1 Visualizar los usuarios vinculados a la empresa.

Ver los usuarios del sistema que están asignados a la empresa. Inclusive se podría dar de alta o baja a los usuarios de la empresa.

6.2 Agregar plantas a la empresa.

Si los datos de la empresa son correctos se puede agregar las plantas metalúrgicas que tiene las empresas en sus distintas sedes.

C. CASOS DE USO: CONFIGURAR PERFIL.

ACTORES: ADMINISTRADOR.

1. Configurar perfil.

1.1 Breve descripción.

Desde esta opción el Administrador del sistema podrá dar mantenimiento a los perfiles los cuales delimitan el acceso a las opciones de la aplicación.

2. Flujo de Eventos.

2.1 Flujo Básico: Configuración Perfil

- a) Del menú principal el Administrador ejecutará la opción Configurar perfil.
- b) Se abrirá la ventana Configurar Perfil mostrando una lista de los perfiles registrados en el sistema.
- c) El botón Nuevo, abrirá la ventana Nuevo perfil donde se ingresará los accesos del nuevo perfil.
- d) El botón Modificar, abrirá la ventana Modificar perfil donde se podrá modificar el acceso del perfil seleccionado. Estará habilitado si al menos hay un perfil registrado en el sistema.
- e) El botón Cancelar cerrará la ventana Configurar perfil y devolver el control al menú principal.

2.2 Flujo Básico: Nuevo Perfil.

- a) Al abrir la ventana los campos Nombre de perfil, descripción y opciones asignadas aparecen vacíos.
- b) Ingresar la información del nuevo perfil.
- c) Utilizar el botón < (Agregar opción) para agregar las opciones disponibles seleccionadas a la lista de opciones asignadas al perfil.
- d) Utilizar el botón > (Quitar opción) para quitar las opciones asignadas seleccionadas al nuevo perfil.
- e) El botón Guardar, registrará la información del nuevo perfil en el sistema, previa validación de los datos ingresados.
- f) El botón Cancelar, cerrará la ventana y devolverá a la ventana anterior (Configurar perfil) previa confirmación del usuario.

2.3 Flujo Básico: Modificar Perfil.

- a) Al abrir la ventana mostrar la información del perfil seleccionado. Sólo se podrá modificar las opciones asignadas al perfil.
- b) Marque/desmarque la casilla de verificación Administrador.
- c) Utilizar el botón < (Agregar opción) para agregar las opciones disponibles seleccionadas a la lista de opciones asignadas al perfil.
- d) Utilizar el botón > (Quitar opción) para quitar las opciones asignadas seleccionadas al perfil.
- e) El botón Guardar, registrará la información del perfil en el sistema, notificando el éxito de la operación.

- f) El botón Cancelar, cerrará la ventana y devolverá a la ventana anterior (Configurar perfil) previa confirmación del usuario.

2.4 Flujos Alternativos.

2.4.1 Dar de baja un perfil.

Eliminar de la lista de perfiles activos que se muestran en la ventana Configurar perfil. La eliminación será lógica no física. Considerar llevar una bitácora de las operaciones realizadas.

3. Requisitos especiales.

- a) Durante la construcción de la aplicación utilizar estándares de programación JAVA.
- b) En la construcción de la aplicación se utilizarán 4 capas.
- c) La aplicación cliente servidor correrá sobre la plataforma de Windows.
- d) La BD se creará con SQL SERVER.

4. Pre condición.

4.1 Existe un usuario Administrador.

Para configurar los perfiles se deberá contar con un usuario tipo Administrador.

5. Post condición.

Perfil aparecerá disponible para asignación del usuario, de haber configurado correctamente el perfil aparecerá en la lista de perfiles disponibles para el usuario.

6. Puntos de Extensión.

Mostrar la lista de usuarios que tiene el perfil.

Cuando se seleccione un perfil se podrá observar la lista de usuarios que tiene asignados dicho perfil, inclusive se podrá agregar o quitar usuarios.

D. CASOS DE USO: CONFIGURAR CLASIFICADOR

ACTORES: METALURGISTA.

1. Configurar clasificador.

1.1 Breve descripción.

Permite al operador y al Metalurgista especificar las características del clasificador y las condiciones de funcionamiento que se utilizará en el sistema de simulación molienda-clasificación.

2. Flujo de Eventos.

2.1 Flujo Básico: Configuración de clasificador

- a) Del menú principal el usuario ejecuta la opción Configurar clasificador. La misma opción se brindará a través de la figura del Clasificador en el diagrama de molienda.
- b) Se abrirá una ventana mostrando las características del clasificador. Si la simulación aún no está terminada, los campos del clasificador aparecerán habilitados de modo que puede ingresar o modificar la información del clasificador, en caso contrario, sólo se podrán visualizar.

Características físicas:

- Número de Ciclones.
- Diámetro del Ciclón.
- Altura libre del Ciclón.
- Diámetro de entrada de Alimentación del Ciclón Interior – inlet.
- Diámetro Vortex Ciclón.
- Diámetro Apex Ciclón.

Condiciones de operación:

- Presión de Alimentación Ciclón (psi), lb/in².
 - Tamaño de corte corregido, d50c, Micrones.
 - By- Pass finos Bpf.
 - By-Pass Gruesos (Bpc).
 - Parámetro de Plitt's By-Pass Gruesos (m)
 - Densidad de pulpa O'Flow Ciclón -ton/m³.
 - Densidad de pulpa U'Flow Ciclón -ton/m³.
 - Densidad de pulpa Feed Ciclón -ton/m³.
- c) El botón Guardar, registrará los datos del clasificador de la simulación en curso. Para ello validará los datos ingresados por el usuario sean correctos.
- d) El botón Cancelar, cerrará la ventana dejando sin efecto los cambios realizados. Si el usuario realizó algún cambio desde que la ventana se abrió se solicitará confirmación antes de cerrar la ventana.

- e) El botón Seleccionar..., abrirá la ventana Seleccionar clasificador, desde donde podrá elegir un clasificador registrado en el sistema. Cuando retorne, los datos del clasificador seleccionado aparecerán en la ventana Configurar clasificador. Sólo se podrá realizar cambios en los datos del clasificador que son de operación.
- f) La casilla de verificación Ver unidades en el SI convierte los valores de las características del clasificador al sistema internacional de medida. Si esta desmarcado (predeterminado) visualiza en el sistema americano.

2.2 Flujo Básico: Seleccionar clasificador.

- a) Al abrir la ventana Seleccionar clasificador, se mostrará las lista de clasificadores registrados para la empresa en el sistema.
- b) Al principio se mostrará seleccionado el clasificador de la simulación, si existe. De lo contrario, se mostrará seleccionado el primer clasificador.
- c) En la parte inferior se mostrarán los datos del clasificador seleccionado de la lista.
- d) Luego, el usuario seleccionará un clasificador de la lista Clasificadores.
- e) El botón Aceptar, cerrará la ventana y devolverá a la ventana anterior (Configurar clasificador) Configurar los datos del clasificador seleccionado.

2.3 Flujos Alternativos.

2.3.1 Crear nuevo clasificador.

Cuando el usuario guarde la información del clasificador de la simulación, el sistema guardará el clasificador en la lista de clasificadores para su posterior uso si es que el clasificador no existe.

2.3.2 Modificar clasificador seleccionado.

Cuando el usuario modifique la información de un clasificador seleccionado previamente. Se permitirá sólo si esta seleccionado únicamente en la simulación en curso.

3. Requisitos especiales.

3.1 Durante la construcción de la aplicación utilizar estándares de programación JAVA.

3.2 En la construcción de la aplicación se utilizarán 4 capas.

3.3 La aplicación cliente servidor correrá sobre la plataforma de Windows.

3.4 La BD se creará con SQL SERVER.

4. Pre condición.

4.1 Haber iniciado una simulación.

Debe haber recuperado una simulación existente o haber creado una nueva simulación. Ver caso de uso Iniciar simulación.

5. Post condición.

5.1 Se ejecutará la simulación sin errores.

De haber configurado correctamente el clasificador no aparecerá error al ejecutar la simulación.

6. Puntos de Extensión.

6.1 Crear un nuevo clasificador.

Cuando no exista información alguna del clasificador el sistema habilitará la opción para crear un nuevo clasificador.

E. CASOS DE USO: CONFIGURAR MOLINO.

ACTORES: METALURGISTA.

1. Configurar molino.

1.1 Propósito.

Permitir al Metalurgista especificar la información del molino, tanto la información técnica como de operación.

1.2 Alcance.

El presente caso de uso detalla los datos del molino que son necesarios para la ejecución de la Simulación.

1.3 Referencias.

Vista global de actores y casos de uso, del modelo molienda.

1.4 Visión de conjunto.

Este documento describe los pasos a seguir para registrar los datos técnicos del molino como de operación en el modelo de molienda. Es parte del proceso de configuración previo al proceso de simulación.

2. Flujo de eventos — Diseño.

2.1 Flujo Básico: Configuración de molino.

- a) Del menú principal seleccionar la opción Configuración de molino.
- b) Al abrir la ventana Configuración de molino, se establecerá la conexión a la base de datos del sistema de molienda.
- c) Se mostrará los valores actuales del molino en la simulación en curso. Para ello, los datos serán leídos de la tabla Simulación-molino y Molino según el Idsimulación .Las columnas de la tabla Molino se indican en la pantalla. Si ya existe un molino para la simulación en curso, los campos se deshabilitarán.
- d) El botón Nuevo, permitirá registrar los datos de un nuevo molino. Para ello, se habilitará la edición de los campos para el ingreso de los datos del molino.
- e) El botón Guardar, registrará los datos del molino para la simulación en curso. Insertará un nuevo registro en la tabla Molino e insertará un registro en la tabla Simulación-molino.
- f) El botón Cancelar, Anulará los cambios realizados y cerrará la ventana. Si se realizó algún cambio se solicitará confirmación antes de cerrar la ventana.
- g) El botón Seleccionar..., abrirá una ventana que mostrará los molinos actualmente registrados en el sistema, el usuario podrá seleccionar uno de ellos para la simulación. En este caso, no se podrán realizar

cambios en los datos del molino si ya se utilizó el molino en otra simulación.

2.2 Flujo Básico: Seleccionar molino

- a) Al abrir la ventana Seleccionar molino, se establecerá la conexión a la base de datos del sistema de molienda.
- b) Se mostrará la lista de molinos registrados en el sistema. Si existe más de uno se mostrará el primero mostrando en la parte inferior los datos del molino.
- c) El usuario seleccionará el molino de la lista que utilizará en la simulación.
- d) El botón Aceptar, devolverá a la ventana Configuración de molino el molino seleccionado.

2.3 Flujo Alternativos.

- a) Al abrir la ventana Seleccionar molino, se establecerá la conexión a la base de datos del sistema de molienda.
- b) Se mostrará la lista de molinos registrados en el sistema. Si existe más de uno se mostrará el primero mostrando en la parte inferior los datos del molino.
- c) El usuario seleccionará el molino de la lista que utilizará en la simulación.
- d) El botón Aceptar, devolverá a la ventana Configuración del molino seleccionado.

F. CASOS DE USO: INICIAR SIMULACIÓN.

ACTORES: METALURGISTA.

1. Iniciar simulación.

1.1 Propósito.

Permite al Metalurgista empezar con una nueva simulación o abrir una simulación registrada.

1.2 Alcance.

El presente caso de uso describe como crear una nueva simulación o abrir una ya existente.

1.3 Referencias.

Vista global de actores y casos de uso, del modelo-molienda.

1.4 Visión de conjunto.

Este documento describe la secuencia de pasos a seguir para crear una nueva simulación o seleccionar una ya existente. Es el principio de la simulación.

2. Flujo de eventos — Diseño.

Donde Tipo de simulación:

- Diseño (planta no existe) ó
- Optimización y Rediseño (planta ya existe)

2.1 Flujo Básico: Nueva simulación.

- a) Del menú principal seleccionar la opción Nueva Simulación.

- b) Al abrir la ventana Nueva simulación (se establecerá la conexión a la base de datos del sistema de molienda.).
- c) Seleccione de la lista la empresa metalúrgica para la que se creará una nueva simulación.
- d) Especifique los otros datos de la simulación (datos de pulpa).
- e) El botón Guardar, registrará los datos de la nueva simulación.
- f) El botón Cancelar, abortará los cambios realizados y cerrará la ventana. Si se realizó algún cambio se solicitará confirmación antes de cerrar la ventana.

2.2 Flujo Básico: Seleccionar simulación.

- a) Del menú principal seleccionar la opción Seleccionar Simulación
- b) De la lista de simulaciones elija la simulación que desee trabajar.
- c) El botón Aceptar, inicializará el Código-simulación que será utilizado en el resto de los procesos del sistema.
- d) El botón Cancelar, cerrará la ventana.

3. Requerimientos Derivados.

Es requisito indispensable este proceso para ejecutar las opciones de configuración del sistema.

G. CASOS DE USO: EJECUTAR SIMULACIÓN.

ACTORES: METALURGISTA.

1. Ejecutar simulación.

1.1 Propósito.

Permitir al Asistente-Metalurgista ejecutar el proceso de simulación del modelo de molienda-clasificación.

1.2 Alcance.

El presente caso de uso describe como lanzar la ejecución de la simulación una vez completados las configuraciones previas.

1.3 Referencias.

Vista global de actores y casos de uso, del modelo-molienda.

1.4 Visión de conjunto.

Este documento describe los pasos a seguir para ejecutar el proceso de simulación como paso final de todo el proceso. Es el proceso principal de la simulación.

2. Flujo de eventos — Diseño.

2.1 Flujo Básico: Ejecutar Simulación

- a) Del menú principal seleccionar la opción Ejecutar Simulación.
- b) Al abrir la ventana Ejecutar simulación, se establecerá la conexión a la base de datos del sistema de molienda.
- c) Aparecerá la una lista de las validaciones a realizar para iniciar la simulación.
- d) El botón Iniciar, sirve para dar comienzo a las validaciones previas a la ejecución de la simulación. El sistema marcará con un visto

aquellas validaciones que fueron satisfactorias y con un aspa aquellas donde se encontró un error.

- e) Si todas las validaciones fueron exitosas, se ejecutara el proceso de simulación.
- f) Finalmente se generará los resultados, que podrán ser consultados posteriormente.
- g) El botón Cancelar, sirve para detener la simulación durante la ejecución del proceso de simulación.
- h) Los resultados de la simulación se mostrarán en otra pantalla, que muestre en un gráfico los datos generales, con la opción a brindar más detalle.

H. CASOS DE USO: CONFIGURAR PARÁMETROS.

ACTORES: METALURGISTA.

1. Configurar parámetros.

1.1 Propósito.

Muestra al Metalurgista los parámetros intrínsecos del modelo de molienda, los cuales puede ingresar o modificar.

1.2 Alcance.

El presente caso de uso describe los parámetros del modelo que se utilizarán durante el caso de uso Ejecutar Simulación.

1.3 Referencias.

Vista global de actores y casos de uso, del modelo-molienda.

1.4 Visión de conjunto.

Este documento describe los pasos a seguir para registrar los parámetros de modelo de molienda. Es parte del proceso de configuración en el proceso de simulación.

2. Flujo de eventos — Diseño.

2.1 Flujo Básico: Parámetros de selección y fractura.

- a) Del menú principal seleccionar la opción Configuración de parámetros.
- b) Al abrir la ventana Parámetros de Selección y fractura, se establecerá la conexión a la base de datos del sistema de molienda.
- c) Se mostrará los valores actuales de los parámetros alpha y beta. Para ello, el nombre de los parámetros y sus valores serán leídos de la tabla Parametro y Parametro-Detalle (Codigo-Parametro=1). Las columnas de la tabla Parametros-detalle que se mostrarán son: Nombre-parametro y Valor-parametro.
- d) El botón Grabar, permitirá actualizar los valores de los parámetros.
- e) El botón Cancelar, dejará sin efecto los cambios realizados y cerrará la ventana. Si se realizó algún cambio se solicitará confirmación antes de cerrar la ventana.
- f) El botón Ayuda, mostrará una breve descripción de los parámetros que se muestran en la pantalla.

2.2 Flujo Básico: Configuración de malla.

- a) Del menú principal seleccionar la opción Configuración de mallas.
- b) Al abrir la ventana Parámetros de Selección y fractura, se establecerá la conexión a la base de datos del sistema de molienda.
- c) Se mostrará los valores actuales de las mallas registradas en orden descendente de valor de abertura-um. Para ello, el número de malla y su abertura serán leídos de la tabla Parametro y Parametro-Detalle (id-parametro=2). Las columnas de la tabla Parametros-detalle que se mostrarán son: Nombre-parametro y Valor-parametro. Sólo estará permitido actualizar la abertura de la malla.
- d) El botón Agregar añadirá una nueva malla al final de la lista y ubicará el foco en la columna Malla-#, dejando la columna abertura habilitado.
- e) El botón Grabar, permitirá actualizar los valores de los parámetros. Si se modificó la dimensión de una malla se actualizará, si se añadió una nueva malla se insertará. Durante la inserción de una nueva malla se validará que no exista el nombre de la malla en la tabla.
- f) El botón Cancelar, dejará sin efecto los cambios realizados y cerrará la ventana. Si se realizó algún cambio se solicitará confirmación antes de cerrar la ventana.

3. Requerimientos Derivados.

No deberían repetirse los #Malla o la abertura-um.

I. CASOS DE USO: SELECCIONAR MALLA.

ACTORES: METALURGISTA.

1. Seleccionar malla.

1.1 Propósito.

Permitir al Metalurgista especificar el conjunto de mallas que utilizará para el registro de las muestras en el modelo de molienda-clasificación.

1.2 Alcance.

El presente caso de uso detalla el número de mallas que serán utilizados durante la ejecución del simulador.

1.4 Referencias.

Vista global de actores y casos de uso, del modelo-molienda.

1.5 Visión de conjunto.

Este documento describe los pasos a seguir para seleccionar las mallas a utilizar en el modelo de molienda. Es parte del proceso de configuración previo al proceso de simulación.

2. Flujo de eventos — Diseño.

2.1 Flujo Básico:

- a) Del menú principal seleccionar la opción Seleccionar malla.
- b) Al abrir la ventana Seleccionar malla, se establecerá la conexión a la base de datos del sistema de molienda.
- c) Se mostrará la lista de mallas seleccionado para la simulación en curso. En el lado izquierdo se encuentran las mallas seleccionadas para la simulación actual, mientras que en el lado derecho la lista de mallas que pueden agregarse a la simulación. En ambos casos se

muestra el #Malla y la abertura. En el lado izquierdo se mostrará las mallas en la tabla Simulación-malla para el código-simulación, de no existir se mostrará vacío. En el lado derecho se mostrará las mallas de la tabla Parámetros (código-tabla = 2) que no se encuentren en la lista de mallas de la simulación en curso.

- d) El botón <, permitirá agregar la malla seleccionada del lado derecho al conjunto de mallas de la simulación.
- e) El botón >, permitirá quitar la malla seleccionada para la simulación (lado izquierdo).
- f) El botón Guardar, registrará los cambios realizados en la selección de mallas para la simulación. Actualizara la tabla Simulación-malla, eliminando las mallas quitadas e insertando las mallas agregadas a la lista.

J. CASOS DE USO: REGISTRAR MUESTRAS.

ACTORES: ASISTENTE METALÚRGICO.

1. Registrar muestras.

1.1 Propósito.

Permitir al Asistente-Metalurgista ingresar el resultado de las muestras tomadas en los puntos de control del modelo de molienda-clasificación.

1.2 Alcance.

El presente caso de uso detalla los tipos de muestras que son tomados de una planta metalúrgica los cuales serán utilizados en la ejecución del simulador.

1.3 Referencias.

Vista global de actores y casos de uso, del modelo-molienda.

1.4 Visión de conjunto.

Este documento describe los pasos a seguir para registrar las muestras en cada punto de control del modelo de molienda. Es parte del proceso de configuración previo al proceso de simulación.

2. Flujo de eventos — Diseño.

2.1 Flujo Básico:

- a) Del menú principal seleccionar la opción Registrar alimento fresco.
- b) Al abrir la ventana Configurar del clasificador, se establecerá la conexión a la base de datos del sistema de molienda.
- c) Se mostrará el registro del alimento fresco de la simulación en curso. Para ello, los datos serán leídos de la tabla Simulación-Muestras y Simulación-malla de acuerdo al código-simulación. Las columnas que se muestran en la pantalla pertenecen a estas tablas. Si no existen datos para la simulación en curso se habilitará el campo %pasante.
- d) El botón Guardar, registrará los datos de la muestra alimento fresco para la simulación en curso. Se validará que los valores sean descendentes y que esté en el rango de 0 a 100.

- e) El botón Cancelar, anulará los cambios realizados y cerrará la ventana. Si se realizó algún cambio se solicitará confirmación antes de cerrar la ventana.

2.2 Flujo Alternativos.

- a) Similar al registro de Registrar descarga molino.
- b) Similar al registro de Registrar alimento ciclón.
- c) Similar al registro de Registrar U'Flow o grueso ciclón.
- d) Similar al registro de Registrar O'Flow o fino ciclón.

Diagrama 04: Proceso del Circuito Molienda_Clasificación Directa Cerrado de una Planta Concentradora Metalúrgico.

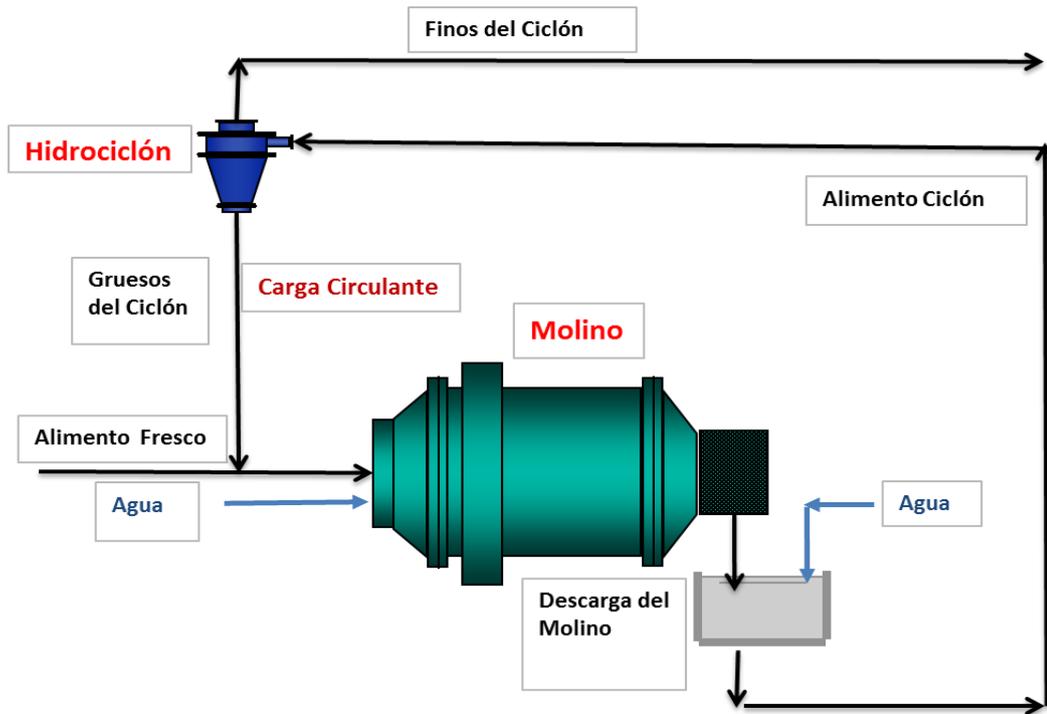


Diagrama 05: Diagrama de modelo de dominio o negocio del Sistema.

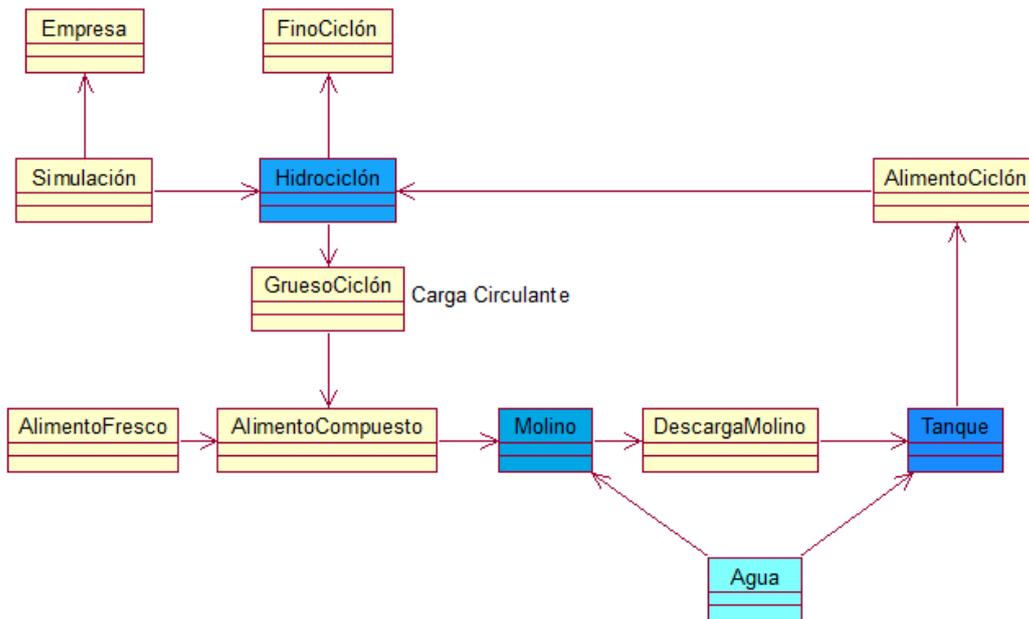
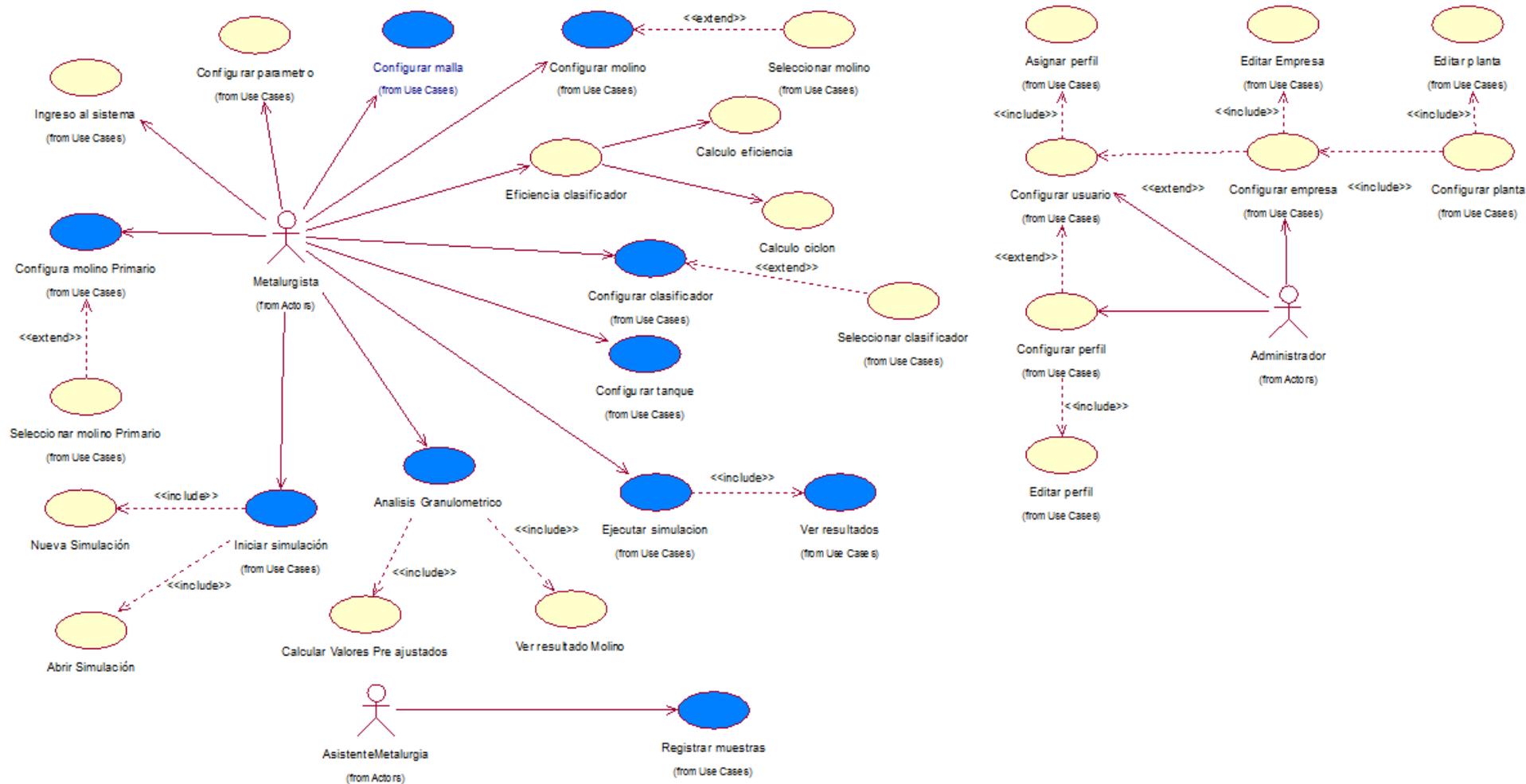


Diagrama 06: Modelo de Análisis de negocio de la Simulación de proceso del Circuito Molienda-Clasificación Directo Cerrado de Plantas Concentradoras Metalúrgicas.



FASE II: ELABORACIÓN

Diagrama 07: Las clases participan en la realización de caso de uso Configurar Usuario.

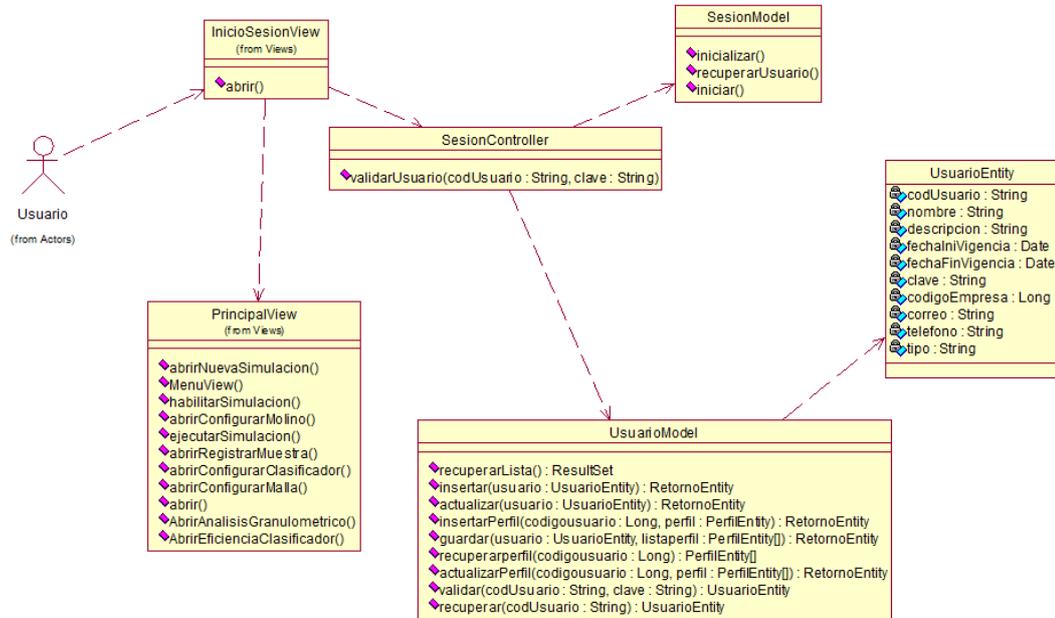


Diagrama 08: Las clases participan en la realización de caso de uso Iniciar Simulación.

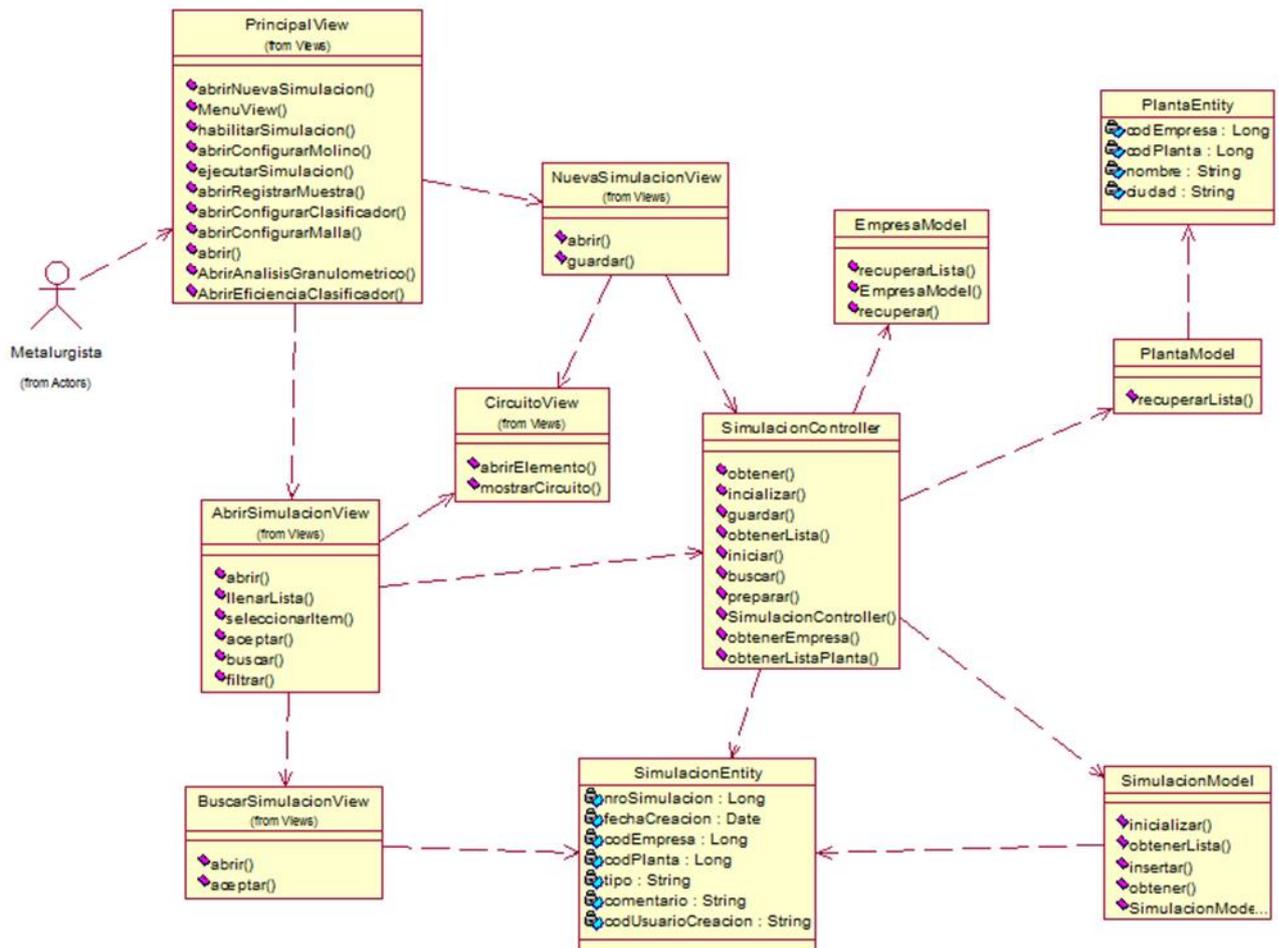


Diagrama 09: Las clases participan en la realización de caso de uso Configurar Clasificador.

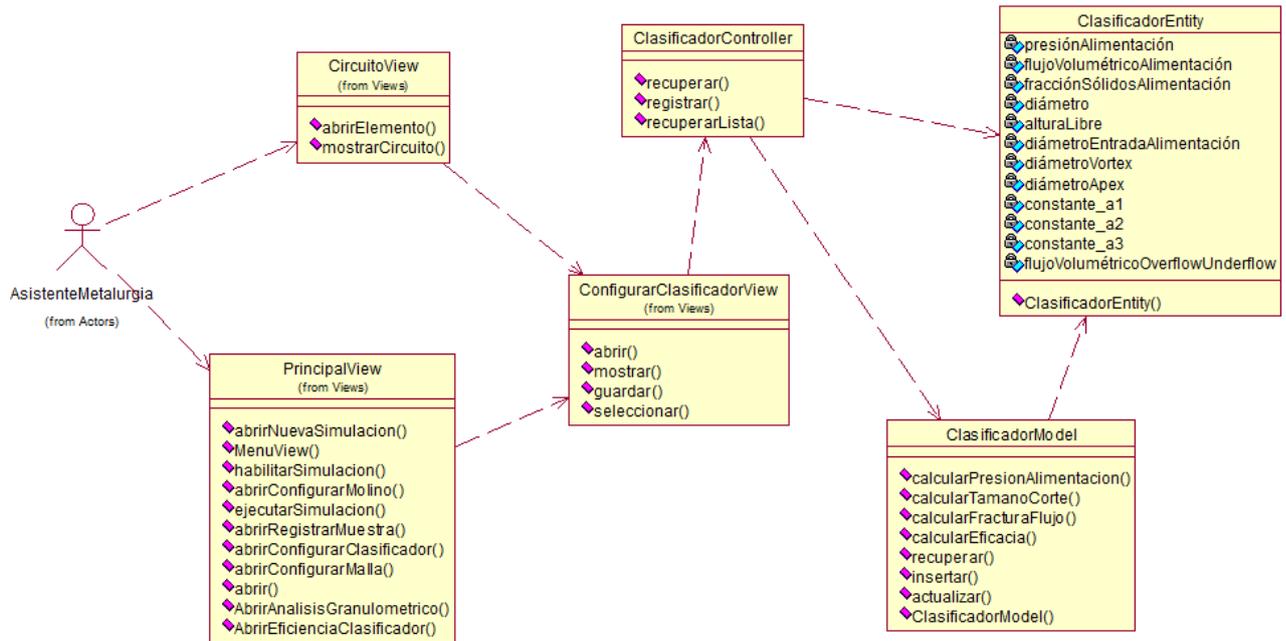


Diagrama 10: Las clases participan en la realización de caso de uso Configurar Molino.

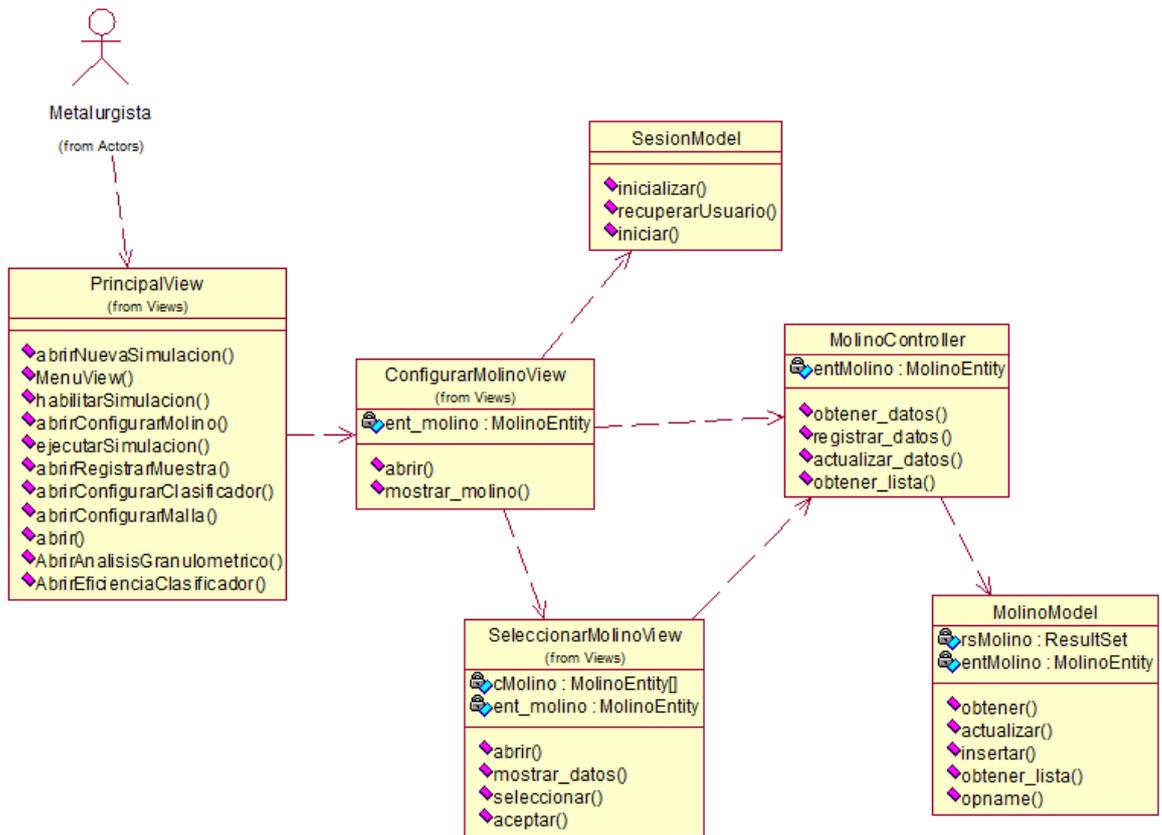


Diagrama 11: DIAGRAMA DE SECUENCIA para el diseño de una interfaz de registro de datos usuario del modelo sistémico de simulación.

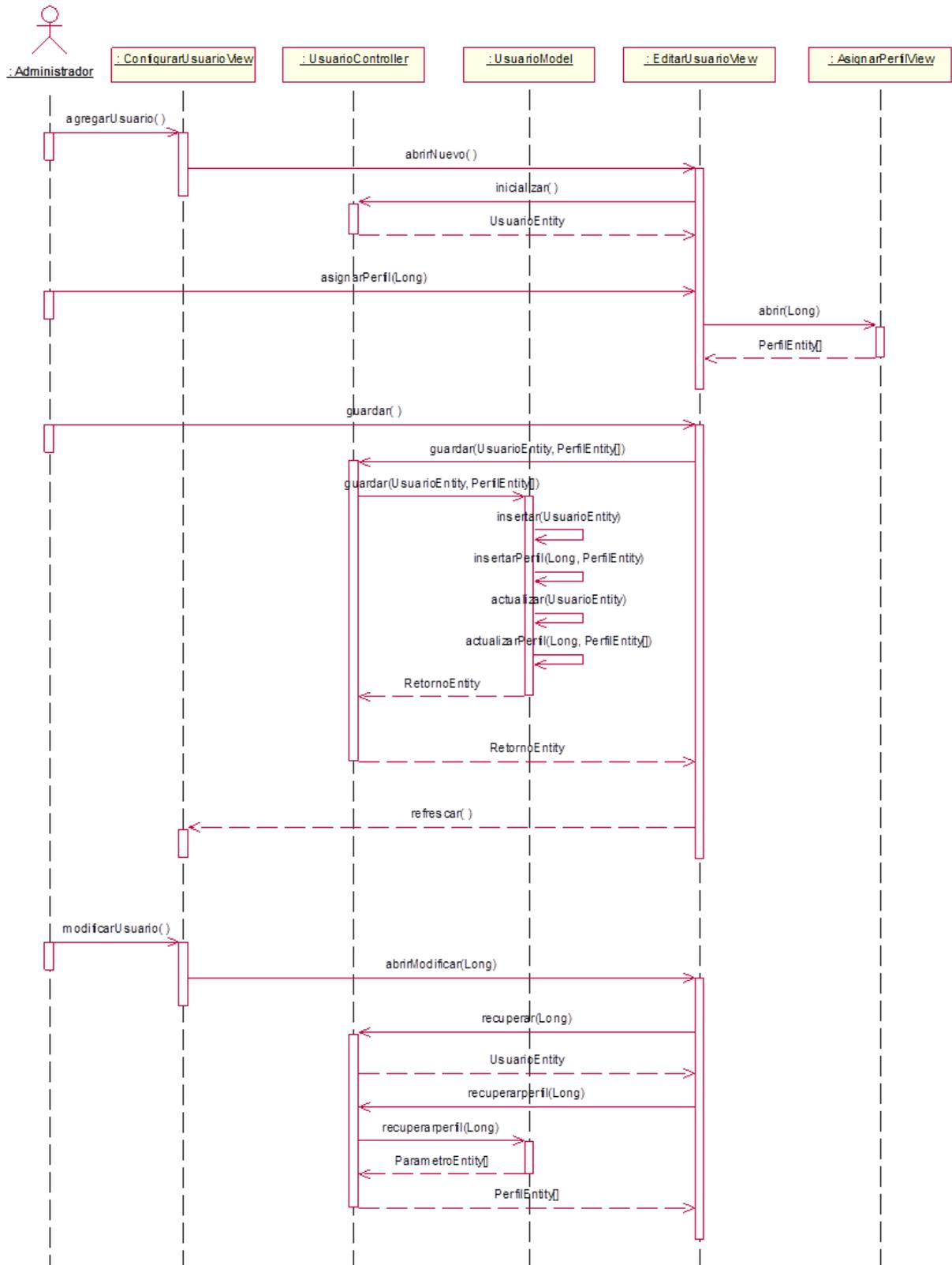


Diagrama 12: Diagrama de secuencia de la pantalla para el cálculo de la Eficiencia Clasificador.

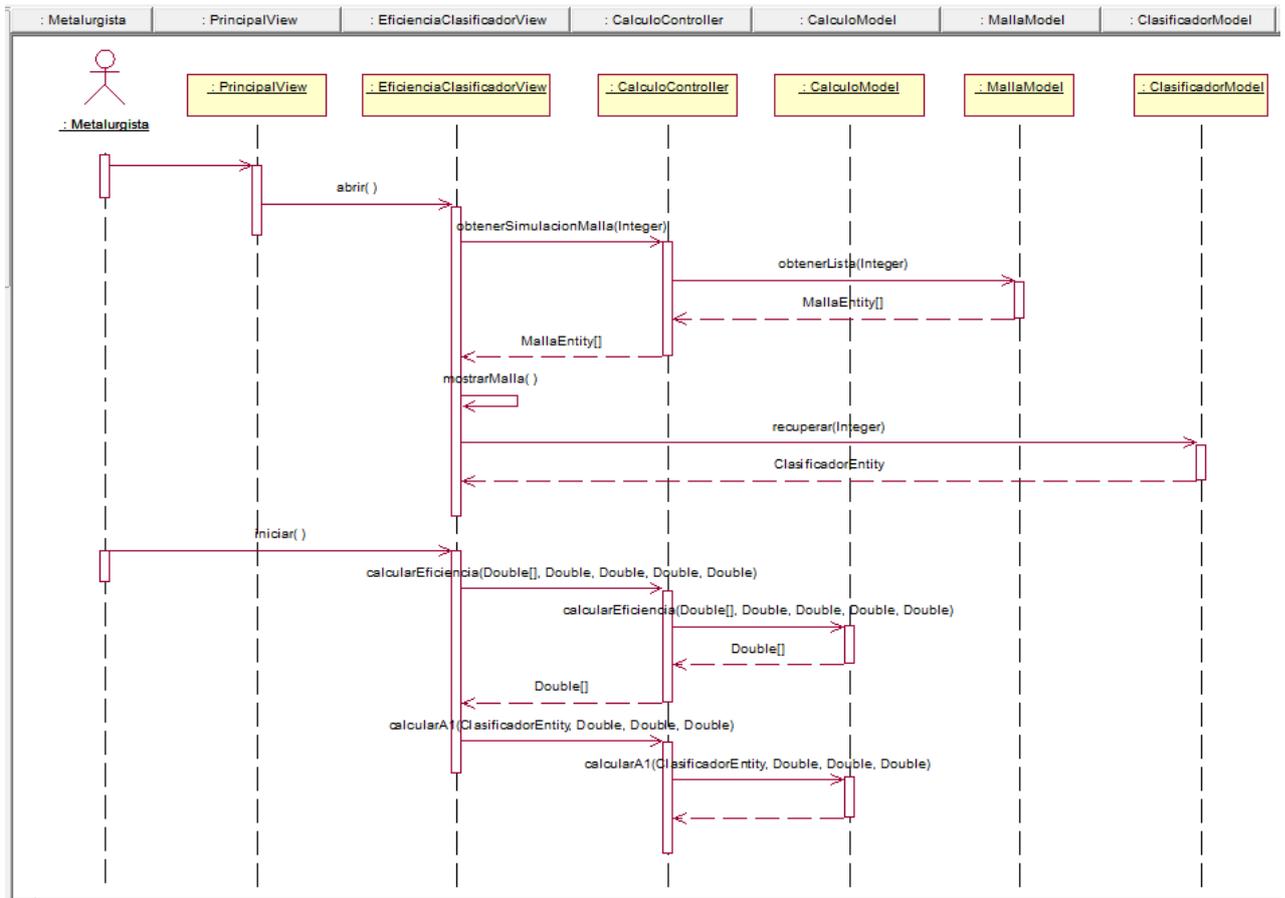


Diagrama 13: Un muestrario de DIAGRAMA DE SECUENCIA para el diseño de una interfaz de registro de datos del molino.

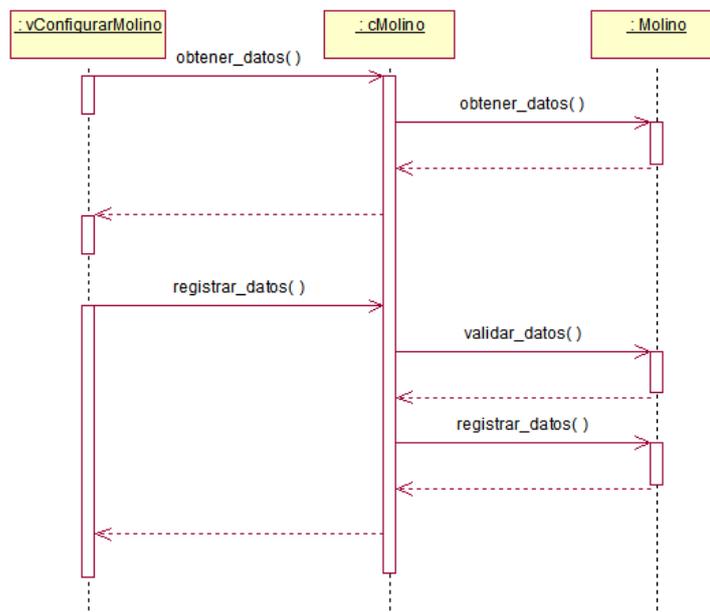


DIAGRAMA 14: Diagrama de secuencia para el diseño de la interfaz de cálculo de ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EXPERIMENTAL.

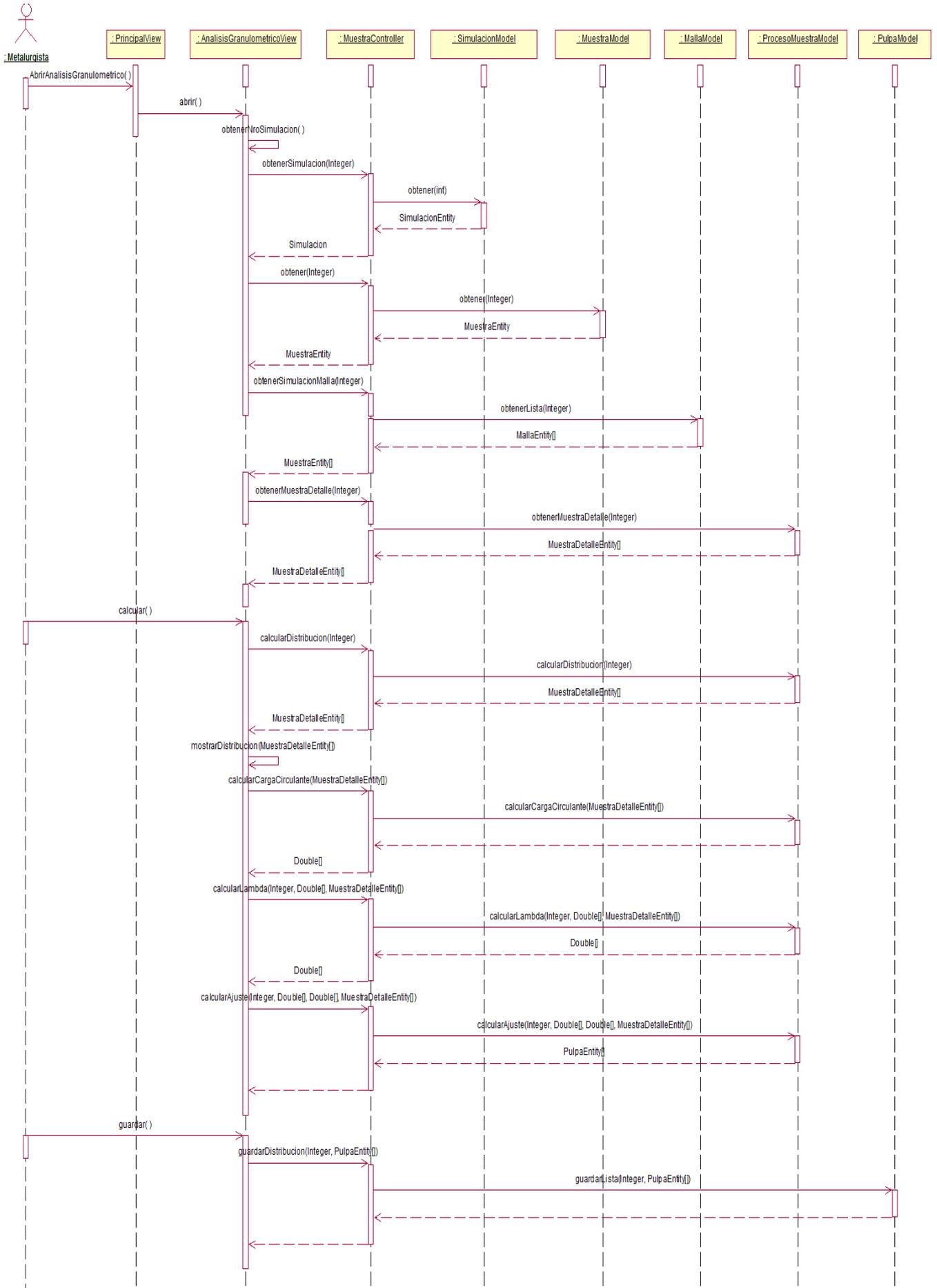
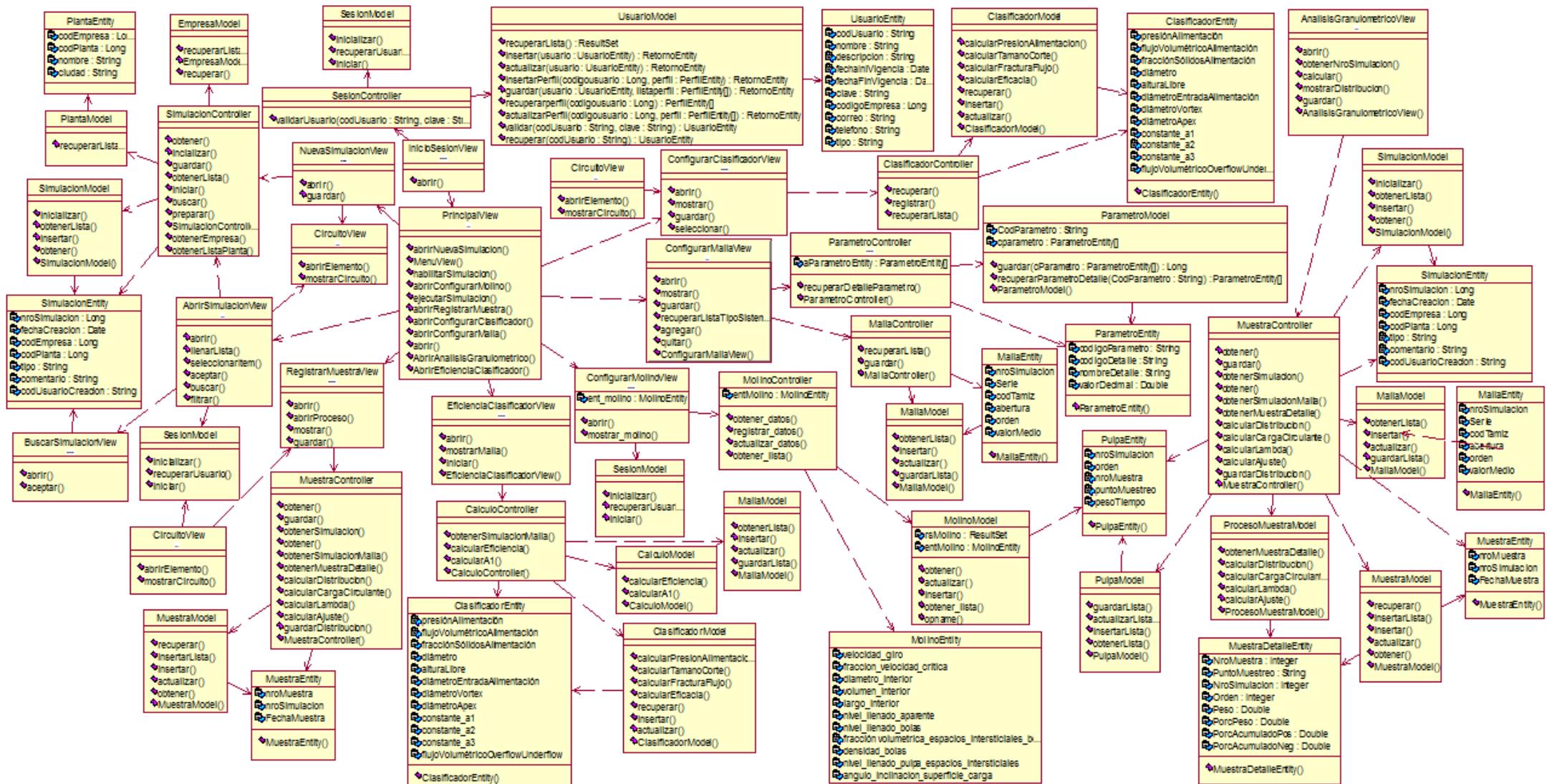


Diagrama 15: Diagrama de Clases de Modelo de Análisis del sistemas.



FASE III: CONSTRUCCIÓN

Diagrama 16: Diagrama de esquema de la base de datos de software diseñado en Rational Rose.

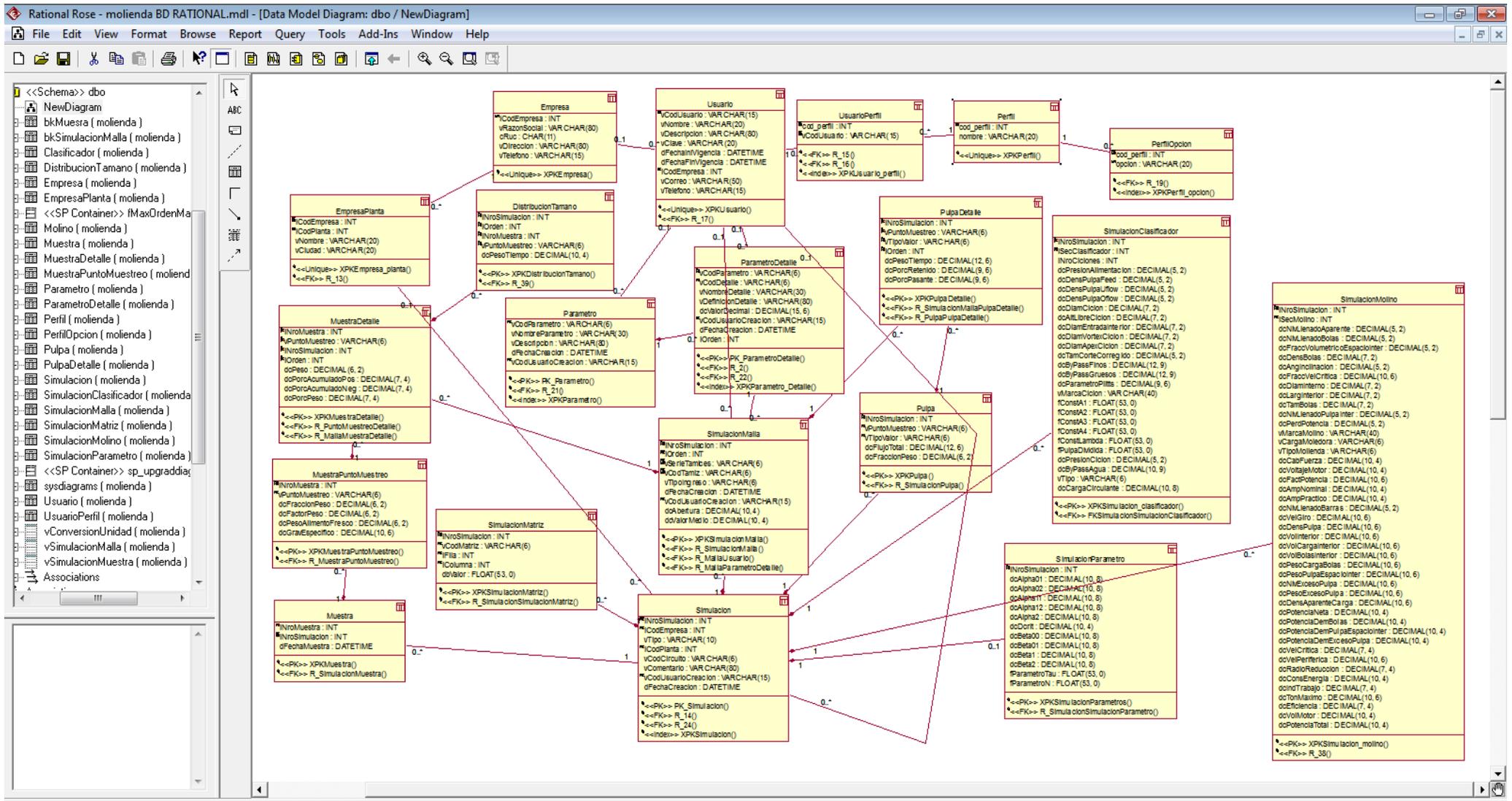


Diagrama 17: Diagrama Modelo de Entidad Lógico del Esquema de Base de Datos.

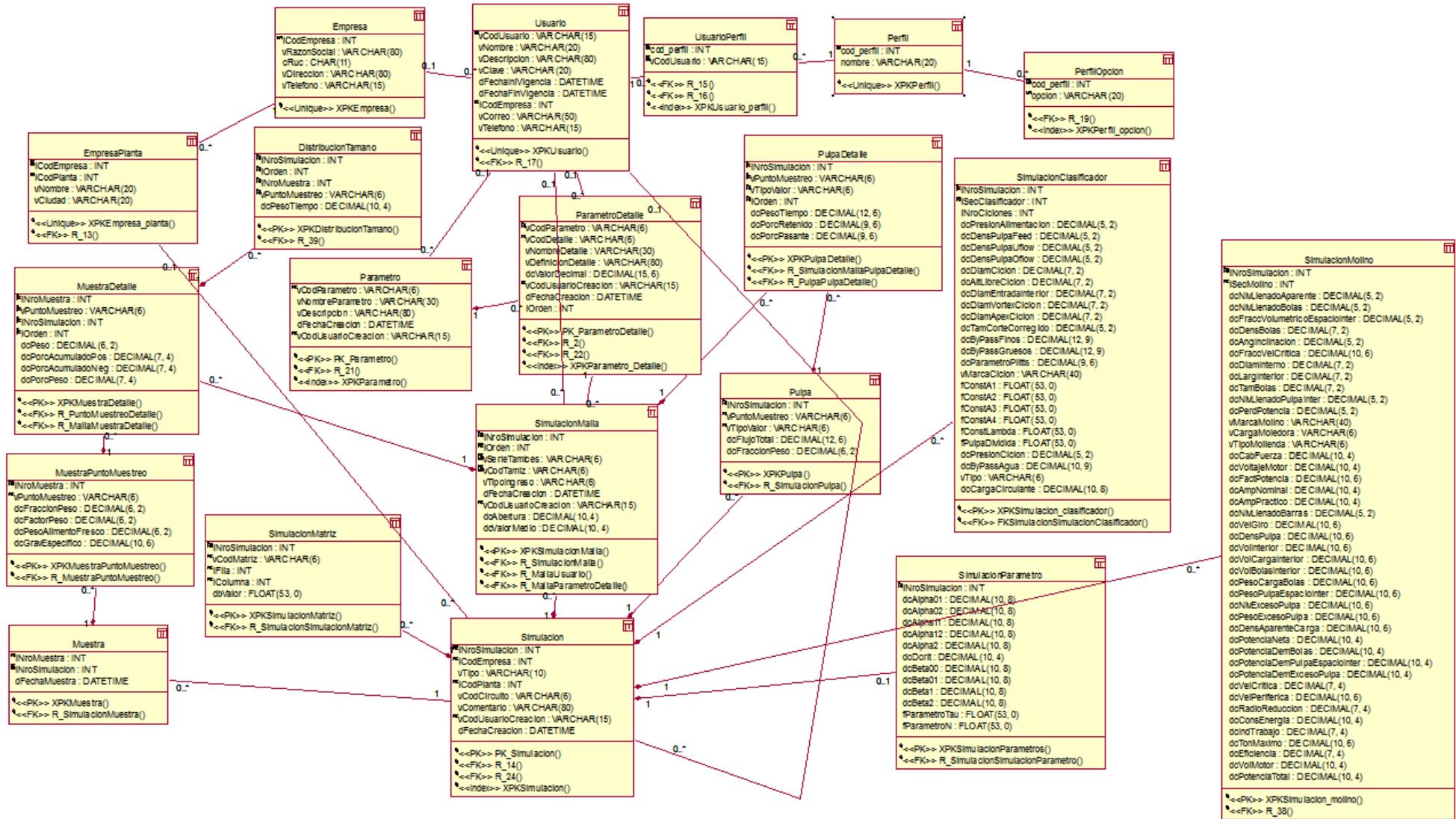


Diagrama 18: Base de datos diseñado en SQL SERVER.

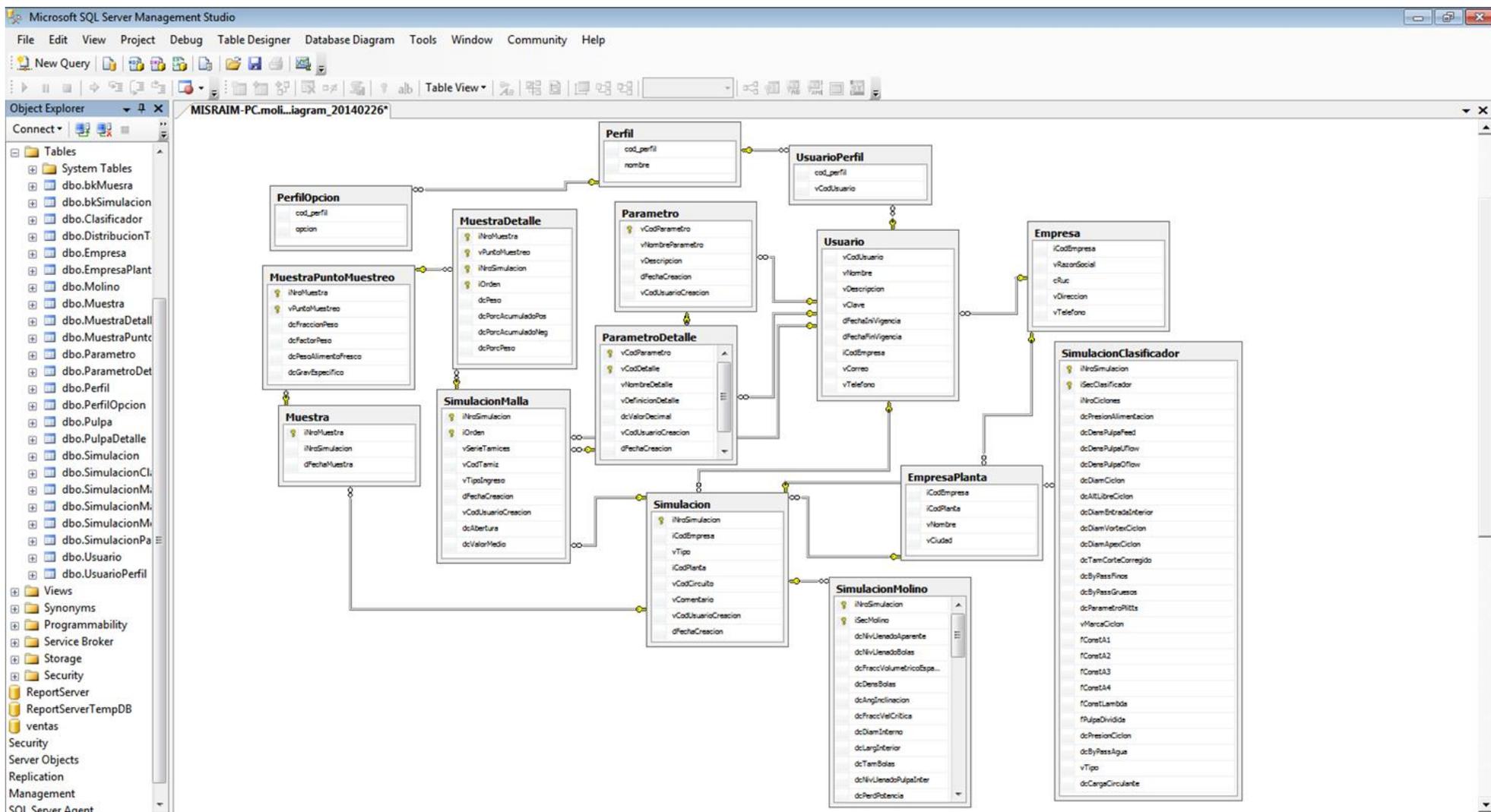
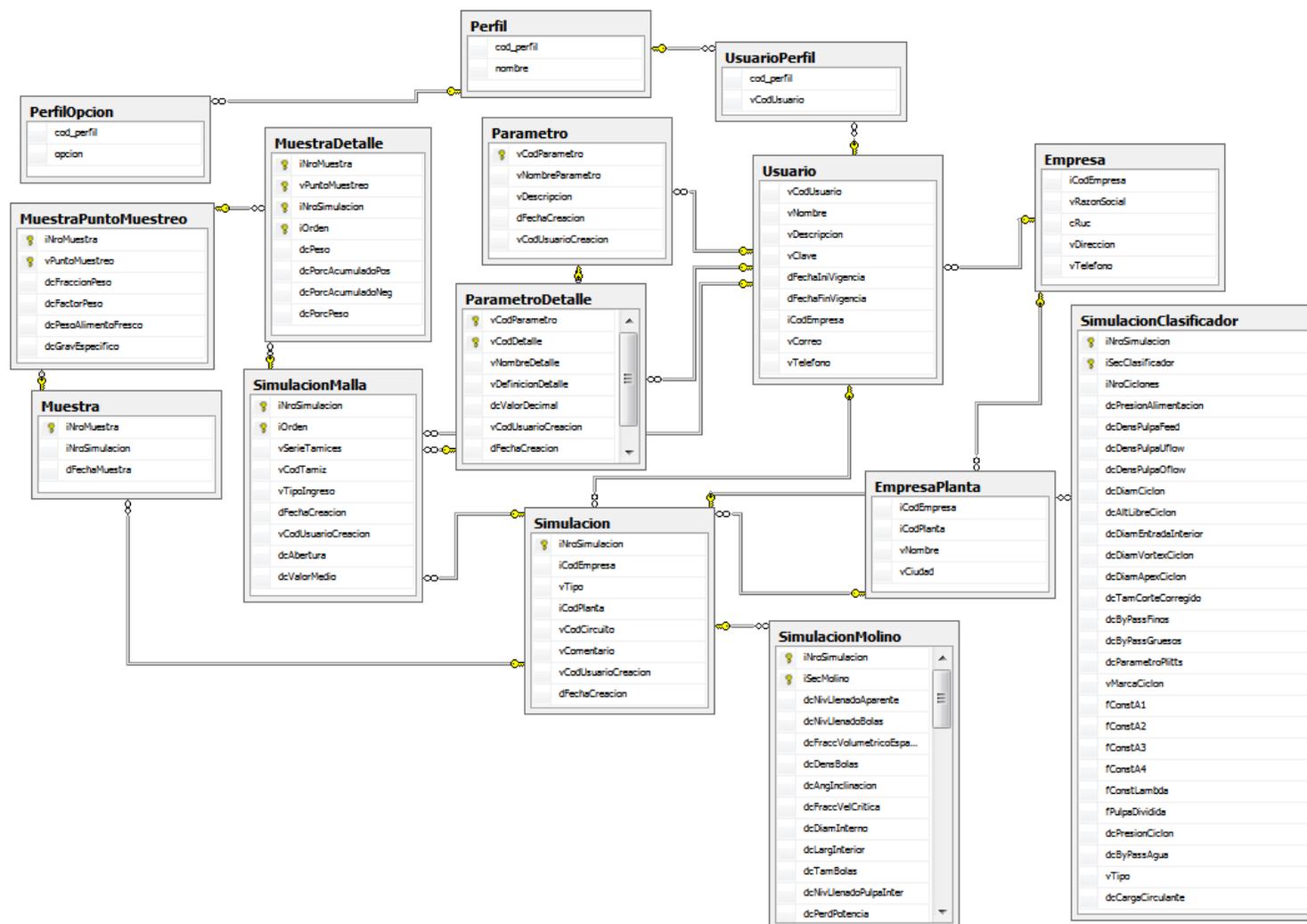


Diagrama 19: Modelo de Entidad Físico de la Base de datos del proceso del Modelo Sistemico de Simulación.



FASE IV : TRANSICIÓN

Diagrama 20: Ventana Principal de la Simulación Configuración de Malla.

Simulación Registros Procesos Consulta Reportes Mantenimiento Ventana

Configurar Malla

Número - Simulación: 1

Análisis granulométrico - Total

Serie: ASTM

Malla	Apertura
3	76200.0
2 1/2	63500.0
2	50800.0
1 1/2	38100.0
3/4	19100.0
5/8	15900.0
1/2	12700.0
3/8	9520.0
1/4	6350.0
4	4760.0
5	4000.0
6	3360.0
7	2830.0
8	2380.0
10	2000.0
12	1680.0
14	1410.0
16	1190.0
18	1000.0
20	840.0
25	710.0
30	590.0
40	475.0
50	355.0
60	250.0
75	190.0
100	150.0
150	106.0
200	75.0
270	53.0
400	38.0

>>

<<

Nro.	Malla	Abertura
1	1	25.400
2	0.742	19.050
3	0.525	12.700
4	0.371	9.500
5	3	6.700
6	4	4.750
7	6	3.350
8	8	2.360
9	10	1.700
10	14	1.180
11	20	850
12	28	600
13	3.5	425
14	48	300
15	65	212
16	100	150
17	150	106
18	200	75
19	270	53
20	400	38

Grabar Cancelar

Diagrama 21: Operación de Clasificación.

Operación de Clasificación

Nro de Simulación: 1

Circuito: DIRECT

Nro Secuencia Clasificador: 1

Número de Ciclones: 10.0

Diámetro Ciclón (in): 20.0

Altura libre del Ciclón (in): 75.0

Diámetro entrada de Alimentación del Ciclón Interior - inlet (in): 3.5

Diámetro Vortex Ciclón (in): 7.5

Diámetro Apex Ciclón (in): 3.67

Presión de Alimentación Ciclón (psi, lb/in²): 7.98

By- Pass Finos - Bpf: 0.371993661

By- Pass Gruesos - Bpc: 8.907E-5

Parametro a1: 9.681142449

Parametro a2: 1.401168158

Parametro a3: 54.93494521

Parametro a4: 0.523899783

Marca del Ciclón: Kreps

Tipo de Clasificador: Clasificador

Grabar

Salir

Diagrama 22: Operación del Molienda (Bolas/Barras).

OPERACIÓN DEL MOLIENDA (Bolas / Barras)

Nro Simulación: 1

Circuito: DIRECT

Secuencia: 1

Fracción Velocidad Crítica (%): 72.0

Diámetro Interno de Molino (ft): 18.5

Largo Interior Molino (ft): 22.0

Densidad Bolas, ton/m3: 7.75

Tamaño de Bolas, mm: 75.0

Nivel Llenado Aparente: 38.0

Nivel Llenado Bolas: 38.0

Fracción Volumétrica Intersticiales: 0.4

Nivel Llenado Pulpa Intersticiales: 100.0

Ángulo Inclinación: 35.0

Perdida Potencia: 10.0

Marca del Molino: Marcy

Carga moledora: Barras

Tipo de Molienda: Primaria

Grabar

Salir

Diagrama 23: Análisis granulométrico.

Análisis granulométrico

Nro. simulación: 1 Nro. muestra: 1 Circuito: DIRECT Fecha Muestra: 2014-09-15

Calcular Guardar Cancelar

Orden	Malla	Abertura	Tamaño M...	Alimento Fresco				Alimento compuesto				Descarga Molino			
				Ton/hr	%Peso	%Acum(+)	%Acum(-)	Ton/hr	%Peso	%Acum(+)	%Acum(-)	Ton/hr	%Peso	%Acum(+)	%Acum(-)
1	1	25.400	0	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	0.742	19.050	21.997	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3	0.525	12.700	15.554	20.00	5.00	5.00	95.00	35.50	2.19	2.19	97.81	18.17	1.12	1.12	98.88
4	0.371	9.500	10.984	66.40	16.60	21.60	78.40	100.45	6.19	8.38	91.62	41.54	2.56	3.68	95.32
5	3	6.700	7.978	56.28	14.07	35.67	64.33	90.32	5.57	13.94	86.06	40.72	2.51	6.19	92.13
6	4	4.750	5.641	41.32	10.33	46.00	54.00	72.95	4.50	18.44	81.56	36.99	2.28	8.47	93.85
7	6	3.350	3.989	33.36	8.34	54.34	45.66	66.91	4.12	22.56	77.44	38.45	2.37	10.84	95.48
8	8	2.360	2.812	27.36	6.84	61.18	38.82	66.61	4.10	26.67	73.33	44.13	2.72	13.56	96.44
9	10	1.700	2.003	21.64	5.41	66.59	33.41	67.82	4.18	30.85	69.15	51.27	3.16	16.72	97.28
10	14	1.180	1.416	20.40	5.10	71.69	28.31	81.26	5.01	35.86	64.14	67.01	4.13	20.85	98.15
11	20	850	1.001	15.60	3.90	75.59	24.41	87.91	5.42	41.27	58.73	78.85	4.86	25.71	99.14
12	28	600	714	14.16	3.54	79.13	20.87	106.79	6.58	47.85	52.15	100.60	6.20	31.91	100.00
13	35	425	505	12.04	3.01	82.14	17.86	274.75	16.93	64.79	35.21	122.82	7.57	39.48	100.00
14	48	300	357	10.36	2.59	84.73	15.27	131.71	8.12	72.90	27.10	142.13	8.76	48.24	100.00
15	65	212	252	8.84	2.21	86.94	13.06	116.61	7.19	80.09	19.91	143.59	8.85	57.08	100.00
16	100	150	178	7.52	1.88	88.82	11.18	86.85	5.35	85.44	14.56	125.58	7.74	64.82	100.00
17	150	106	126	6.48	1.62	90.44	9.56	59.06	3.64	89.08	10.92	98.97	6.10	70.92	100.00
18	200	75	89	5.52	1.38	91.82	8.18	39.12	2.41	91.49	8.51	73.17	4.51	75.43	100.00
19	270	53	63	4.72	1.18	93.00	7.00	26.89	1.66	93.15	6.85	54.03	3.33	78.76	100.00
20	400	38	45	3.40	0.85	93.85	6.15	18.28	1.13	94.28	5.72	38.94	2.40	81.16	100.00
21	<400	0	19	24.60	6.15	100.00	0.00	92.89	5.72	100.00	0.00	305.68	18.84	100.00	100.00
Totales				400.00	100.00			1622.68	100.00			1622.68	100.00		
% Solido							95.000				79.940				79.940
Densidad ...							2.569				2.057				2.057
Factor de P...															

Diagrama 24: Realizar Cálculos Clasificador Malla #, Abertura, Tamaño Medio, Eficiencia Clasificador.

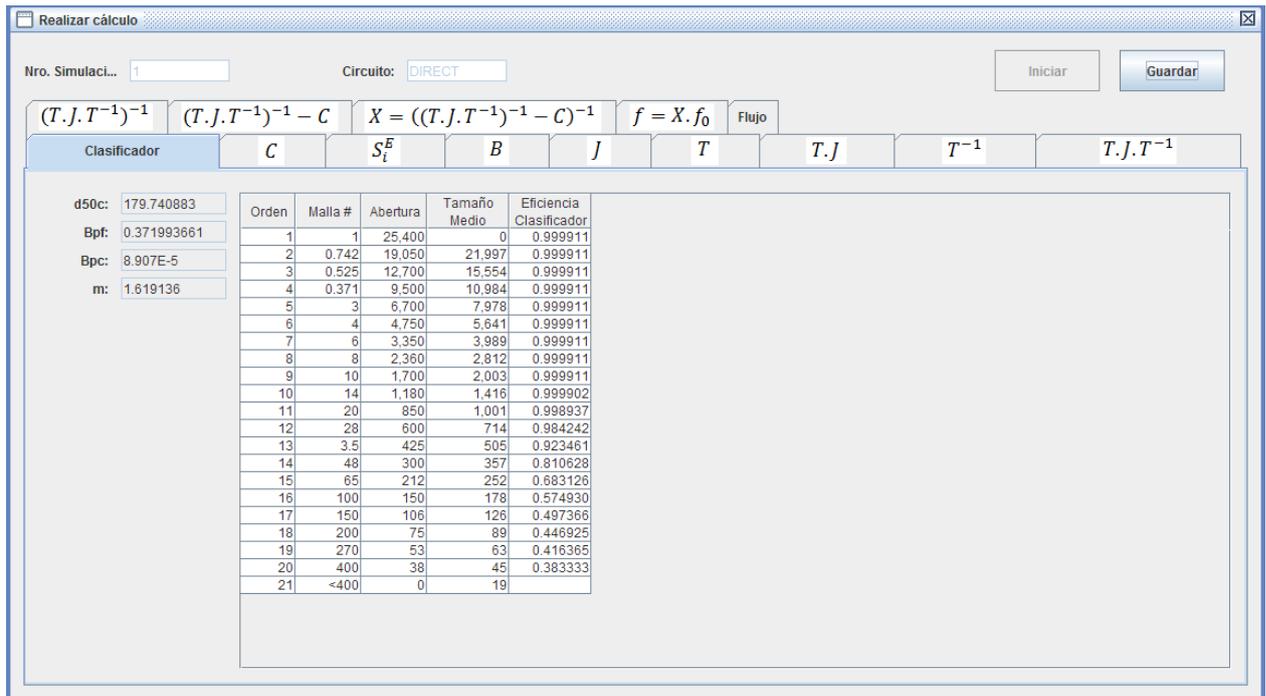


Diagrama 25: Distribución granulométrica.

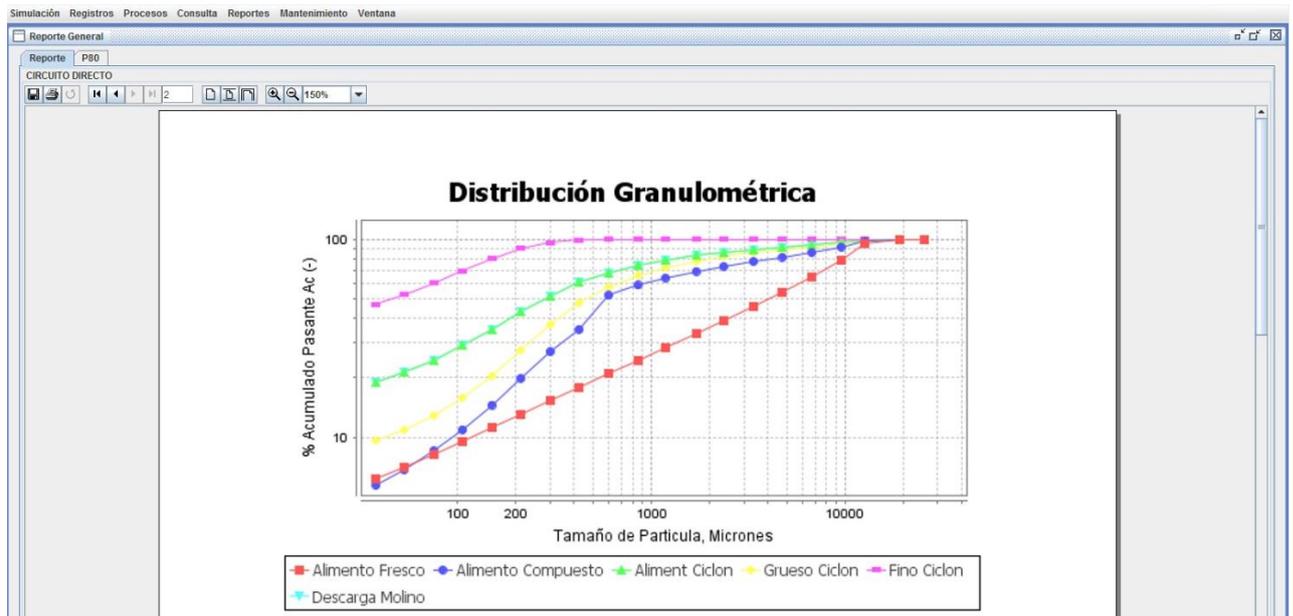


Diagrama 26: Reporte General P80.

Simulación Registros Procesos Consulta Reportes Mantenimiento Ventana

Reporte General

Reporte P80

Orden	Malla #	Abertura	Valor medio	Alimento Fr...	Alimento co...	Descarga ...	Alimento ci...	Under Flow...	Over Flow c...	1	2	3	4	5	6
1	1	25400.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.742	19050.0	21997.045...	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.525	12700.0	15554.259...	95.0	97.813	98.88	98.88	98.51	100.0	9794.5932...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.371	9500.0	10984.079...	78.4	91.622	96.32	96.32	95.121	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	3	6700.0	7978.0950...	64.33	86.056	93.811	93.811	91.792	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	4	4750.0	5641.3650...	54.0	81.56	91.531	91.531	88.762	100.0	0.0	4171.0959...	0.0	0.0	0.0	0.0
7	6	3350.0	3989.0475...	45.66	77.436	89.161	89.161	85.613	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	8	2360.0	2811.7610...	38.82	73.331	86.441	86.441	82.004	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2021.6497...	0.0
9	10	1700.0	2002.9977...	33.41	69.152	83.282	83.282	77.814	100.0	0.0	0.0	1273.8098...	1273.8098...	0.0	0.0
10	14	1180.0	1416.3332...	28.31	64.144	79.152	79.152	72.336	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	20	850.0	1001.4988...	24.41	58.727	74.293	74.293	65.887	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	28	600.0	714.14284...	20.87	52.146	68.093	68.093	57.668	99.98	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	3.5	425.0	504.97524...	17.86	35.214	60.524	60.524	47.78	99.49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	48	300.0	357.07142...	15.27	27.097	51.765	51.765	37.053	96.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	65	212.0	252.19040...	13.06	19.911	42.916	42.916	27.534	89.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	150.0
16	100	150.0	178.32554...	11.18	14.558	35.176	35.176	20.516	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	150	106.0	126.09520...	9.56	10.919	29.077	29.077	15.867	69.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	200	75.0	89.162772...	8.18	8.508	24.568	24.568	12.887	60.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	270	53.0	63.047601...	7.0	6.851	21.238	21.238	10.918	52.82	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	400	38.0	44.877611...	6.15	5.725	18.838	18.838	9.588	47.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	<400	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9794.5932...	4171.0959...	1273.8098...	1273.8098...	2021.6497...	150.0
Maximo										9794.5932...	4171.0959...	1273.8098...	1273.8098...	2021.6497...	150.0

Diagrama 27: Reporte Matriz Simulación molienda f=Xfo.

Simulación Registros Procesos Consulta Reportes Mantenimiento Ventana

Reporte Matriz - Flujo

Matriz Flujo

PUNTO DE MUESTREO

Simulación molienda f=Xfo

Matrix ([T*J*T(inv.)] (inverse) - C) (inverse)

Fila	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Orden	Peso	Tiempo	Orden	f=Xfo
1	1.737	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	0.000000	1	0.0000	
2	0.730	0.924	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2	20.000000	2	18.498	
3	0.340	0.372	0.498	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3	56.400000	3	40.535	
4	0.246	0.269	0.278	0.302	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4	56.280000	4	40.909	
5	0.177	0.193	0.203	0.204	0.208	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5	41.320000	5	37.509	
6	0.153	0.165	0.175	0.182	0.180	0.181	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6	33.360000	6	38.764	
7	0.150	0.160	0.170	0.180	0.187	0.187	0.196	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7	27.360000	7	44.075	
8	0.155	0.163	0.172	0.183	0.195	0.205	0.211	0.240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8	21.640000	8	51.000	
9	0.186	0.195	0.204	0.216	0.230	0.246	0.263	0.276	0.314	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9	20.400000	9	67.071	
10	0.204	0.212	0.220	0.232	0.246	0.264	0.285	0.308	0.330	0.419	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10	15.600000	10	78.751	
11	0.250	0.258	0.266	0.278	0.292	0.311	0.334	0.362	0.396	0.430	0.554	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11	14.160000	11	100.66	
12	0.296	0.303	0.310	0.321	0.335	0.354	0.377	0.406	0.443	0.486	0.534	0.726	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12	12.040000	12	122.58	
13	0.336	0.342	0.349	0.359	0.372	0.388	0.410	0.437	0.472	0.515	0.568	0.629	0.896	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13	10.360000	13	141.95	
14	0.337	0.342	0.347	0.355	0.364	0.377	0.394	0.415	0.444	0.478	0.523	0.578	0.642	1.010	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14	8.840000	14	143.88	
15	0.293	0.296	0.299	0.304	0.310	0.319	0.330	0.343	0.361	0.384	0.414	0.451	0.498	0.568	1.064	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15	7.520000	15	125.81	
16	0.229	0.231	0.233	0.235	0.239	0.243	0.248	0.255	0.265	0.276	0.292	0.312	0.337	0.380	0.467	1.095	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16	6.480000	16	98.840	
17	0.170	0.171	0.171	0.172	0.173	0.175	0.177	0.179	0.182	0.186	0.192	0.199	0.209	0.228	0.275	0.377	1.127	0.0	0.0	0.0	0.0	17	5.520000	17	73.016	
18	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.132	0.152	0.203	0.311	1.166	0.0	0.0	0.0	0.0	18	4.720000	18	54.005	
19	0.095	0.094	0.094	0.094	0.093	0.092	0.092	0.090	0.089	0.087	0.084	0.081	0.078	0.076	0.081	0.102	0.151	0.254	1.209	0.0	0.0	19	3.400000	19	39.218	
20	0.815	0.809	0.804	0.795	0.785	0.770	0.752	0.729	0.698	0.660	0.609	0.545	0.464	0.378	0.313	0.278	0.280	0.334	0.477	1.621	0.0	24.600000	20	305.62		

Diagrama 28: Reporte FLUJO DE PULPA MODELO.

Simulación Registros Procesos Consulta Reportes Mantenimiento Ventana

Reporte Matriz - Flujo

Matriz Flujo

PUNTO DE MUESTREO

FLUJO DE PULPA MODELO

Orden	Malla	Abertura	Alimento Fresco		Alimento Compuesto		Descarga Molino		Alimento Ciclon		Ciclon Uflow		Ciclon Oflow	
			ton/hr	%Acum(-)	ton/hr	%Acum(-)	ton/hr	%Acum(-)	ton/hr	%Acum(-)	ton/hr	%Acum(-)	ton/hr	%Acum(-)
1	1	25400.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
2	0.742	19050.00	20.00	100.00	38.50	100.00	18.50	100.00	18.50	100.00	18.50	100.00	0.00	100.00
3	0.525	12700.00	66.40	95.00	106.93	97.63	40.54	98.86	40.54	98.86	40.53	98.49	0.00	100.00
4	0.371	9500.00	56.28	78.40	97.19	91.04	40.91	96.36	40.91	96.36	40.91	95.17	0.00	100.00
5	3	6700.00	41.32	64.33	78.83	85.05	37.51	93.84	37.51	93.84	37.51	91.83	0.00	100.00
6	4	4750.00	33.36	54.00	72.12	80.19	38.76	91.53	38.76	91.53	38.76	88.76	0.00	100.00
7	6	3350.00	27.36	45.66	71.43	75.75	44.08	89.14	44.08	89.14	44.07	85.59	0.00	100.00
8	8	2360.00	21.64	38.82	72.64	71.35	51.00	86.42	51.00	86.42	51.00	81.99	0.00	100.00
9	10	1700.00	20.40	33.41	87.47	66.87	67.07	83.28	67.07	83.28	67.07	77.81	0.01	99.99
10	14	1180.00	15.60	28.31	94.34	61.48	78.75	79.15	78.75	79.15	78.74	72.33	0.11	99.99
11	20	850.00	14.16	24.41	114.72	55.67	100.67	74.30	100.67	74.30	100.56	65.89	0.11	99.99
12	28	600.00	12.04	20.87	132.69	48.60	122.58	68.09	122.58	68.09	120.65	57.67	1.93	99.96
13	3.5	425.00	10.36	17.86	141.45	40.42	141.96	60.54	141.96	60.54	131.09	47.80	10.87	99.48
14	48	300.00	8.84	15.27	125.48	31.70	143.89	51.79	143.89	51.79	116.64	37.08	27.25	96.76
15	65	212.00	7.52	13.06	93.47	23.97	125.82	42.92	125.82	42.92	85.95	27.54	39.87	89.95
16	100	150.00	6.48	11.18	63.31	18.21	98.84	35.17	98.84	35.17	56.83	20.51	42.01	79.99
17	150	106.00	5.52	9.56	41.84	14.31	73.02	29.08	73.02	29.08	36.32	15.86	36.70	69.48
18	200	75.00	4.72	8.18	28.86	11.73	54.01	24.58	54.01	24.58	24.14	12.89	29.87	60.31
19	270	53.00	3.40	7.00	19.73	9.95	39.22	21.25	39.22	21.25	16.33	10.92	22.89	52.84
20	400	38.00	24.60	6.15	141.76	8.74	305.62	18.83	305.62	18.83	117.16	9.58	188.47	47.12

IV Resultados

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, TABLAS, GRÁFICOS, FIGURAS, ETC.

SIMULACIÓN TRADICIONAL (GRUPO DE CONTROL).

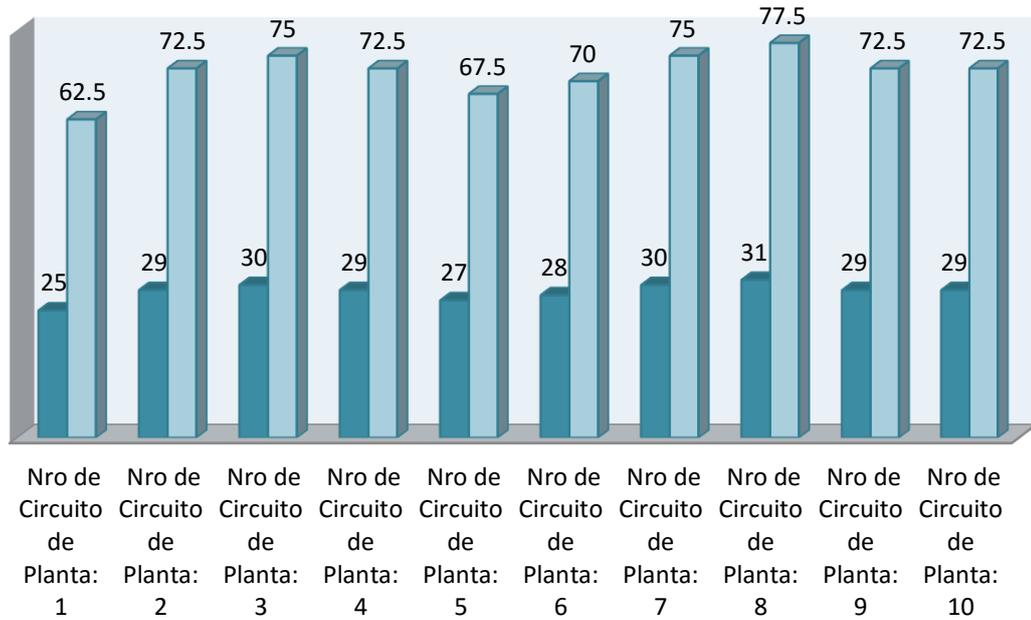
El puntaje de evaluación es de: 1 a 40.

MUESTRA	Puntaje obtenido en la encuesta al operador metalúrgico	Porcentaje
Nro. de Circuito de Planta: 1	25	62.5
Nro. de Circuito de Planta: 2	29	72.5
Nro. de Circuito de Planta: 3	30	75
Nro. de Circuito de Planta: 4	29	72.5
Nro. de Circuito de Planta: 5	27	67.5
Nro. de Circuito de Planta: 6	28	70
Nro. de Circuito de Planta: 7	30	75
Nro. de Circuito de Planta: 8	31	77.5
Nro. de Circuito de Planta: 9	29	72.5
Nro. de Circuito de Planta: 10	29	72.5

<i>La MEDIA del puntaje obtenido en la encuesta al operador metalúrgico de las muestras es:</i>	28.7
<i>La DESVIACIÓN ESTÁNDAR del puntaje obtenido en la encuesta al operador metalúrgico de las muestras es:</i>	1.702938637

GRUPO DE CONTROL

■ Puntaje obtenido en la encuesta al operador metalúrgico ■ Porcentaje



MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN (GRUPO EXPERIMENTAL).

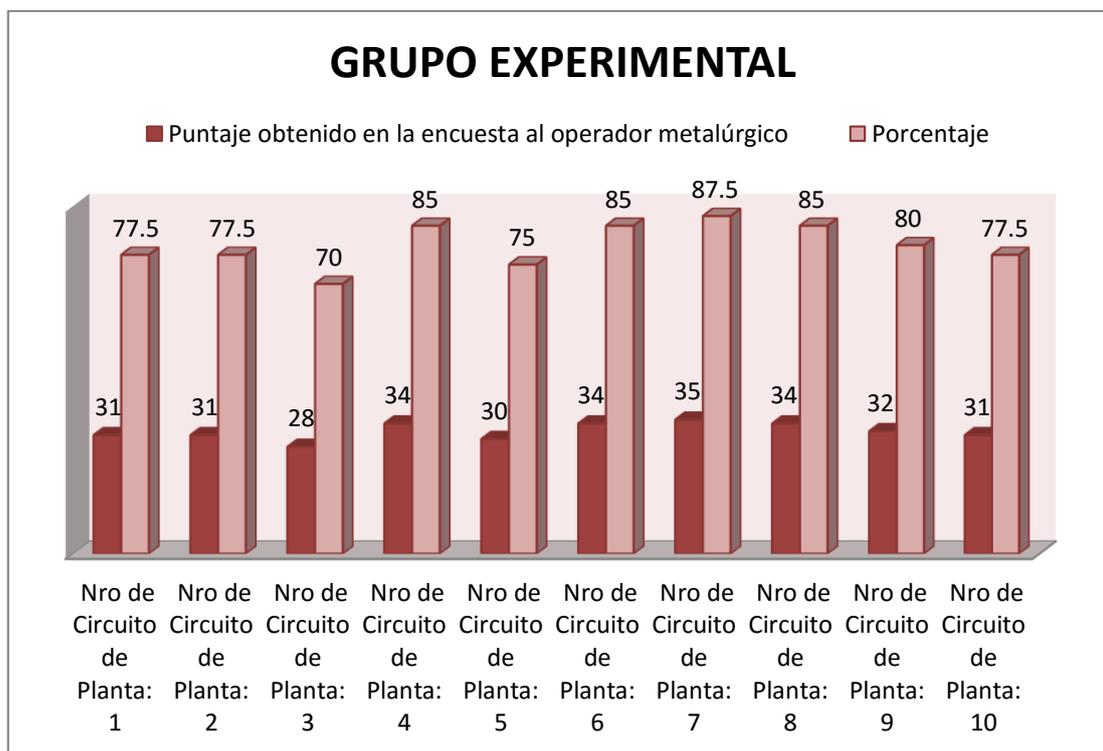
El puntaje de evaluación es de: 1 a 40.

Muestra	Puntaje obtenido en la encuesta al operador metalúrgico	Porcentaje
Nro. de Circuito de Planta: 1	31	77.5
Nro. de Circuito de Planta: 2	31	77.5
Nro. de Circuito de Planta: 3	28	70
Nro. de Circuito de Planta: 4	34	85
Nro. de Circuito de Planta: 5	30	75
Nro. de Circuito de Planta: 6	34	85
Nro. de Circuito de Planta: 7	35	87.5
Nro. de Circuito de Planta: 8	34	85
Nro. de Circuito de Planta: 9	32	80
Nro. de Circuito de Planta: 10	31	77.5

<i>La MEDIA del puntaje obtenido en la encuesta al operador metalúrgico de la muestras es:</i>	32
--	----

La DESVIACIÓN ESTÁNDAR del puntaje obtenido en la encuesta al operador metalúrgico de la muestra es:

2.211083194



PRUEBA DE HIPÓTESIS.

De la población se toma una muestra que son 10 circuitos de diversas plantas metalúrgicas que se obtuvo con el **muestreo probabilístico por racimos**. (Sampieri, 2014, p.182)

Se ha tomado esta cantidad de circuitos usando el muestreo probabilístico por racimos porque nos vemos limitado por recursos financieros, por tiempo, por distancias geográficas y otros obstáculos.

Este tipos de muestro que se usa son sinónimos de clusters o conglomerados; muestreo en el que las unidades de análisis se encuentran encapsulados en determinados lugares físicos.

Se calcula la media y la desviación estándar, puntajes de datos obtenidos con las encuestas realizadas a los operadores metalúrgicos de las plantas concentradoras para medir la eficiencia y eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas, cuando se utiliza la SIMULACIÓN TRADICIONAL y cuando se utiliza el MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN.

GRUPO DE CONTROL	GRUPO EXPERIMENTAL
Simulación Tradicional (Laboratorio Experimental).	Modelo Sistémico de Simulación (Cálculos matemáticos diseñado en un Lenguaje de Programación).
$\bar{x}_1 = 28.7$	$\bar{x}_2 = 32$
Dsv. Estándar $s_1 = 1.70293864$	Dsv. Estándar $s_2 = 2.21108319$

Prueba estadística t se basa en una distribución muestral o población de diferencia de medias conocida como la distribución t de Student que se identifica por los grados de libertad los cuales constituyen el número de maneras en que los datos pueden variar libremente.

Para complementar el estudio estadístico t valores críticos para la distribución, calculados en las tablas de Distribución t de Student método para la comprobación de la prueba de hipótesis cuando el tamaño de la muestra es pequeño. Se ha calculado de la siguiente manera:

Para trabajar con tablas normalizadas:

\bar{x}_1 : Media de los datos de la Simulación Tradicional.

\bar{x}_2 : Media de los datos del Modelo Sistémico de Simulación.

s_1 : Desviación Estándar de la Simulación Tradicional.

s2 : Desviación Estándar del Modelo Sistémico de Simulación.

n1 : Muestra de la población para el grupo de control.

n2 : Muestra de la población para el grupo experimental.

gl : Grado de libertad $n_1 + n_2 - 2$ es decir $10 + 10 - 2 = 18$.

$$z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$z = \frac{(28.7 - 32)}{\sqrt{\frac{1.70293864^2}{10} + \frac{2.21108319^2}{10}}}$$

$$z = \frac{(-3.3)}{\sqrt{\frac{2.90000001}{10} + \frac{4.88888887}{10}}}$$

$$z = \frac{(-3.3)}{\sqrt{0.290000001 + 0.488888887}}$$

$$z = \frac{(-3.3)}{\sqrt{0.778888888}}$$

$$z = \frac{(-3.3)}{0.88254682}$$

$$z = -3.739178393$$

$$t = \left(\frac{[(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - \delta]}{\sqrt{(n_1 - 1)(s_1)^2 + (n_2 - 1)(s_2)^2}} \right) \left(\sqrt{\frac{n_1 * n_2 * (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \right)$$

$$t = \left(\frac{28.7 - 32 - 0}{\sqrt{(10 - 1)(1.7029)^2 + (10 - 1)(2.2111)^2}} \right) \left(\sqrt{\frac{10 * 10 * (10 + 10 - 2)}{10 + 10}} \right)$$

$$t = \left(\frac{28.7 - 32 - 0}{\sqrt{(10 - 1)(1.7029)^2 + (10 - 1)(2.2111)^2}} \right) \left(\sqrt{\frac{100 * (20 - 2)}{20}} \right)$$

$$t = \left(\frac{28.7 - 32 - 0}{\sqrt{(9)2.9 + (9)4.9}} \right) \left(\sqrt{\frac{10 * (18)}{2}} \right)$$

$$t = \left(\frac{-3.3}{\sqrt{(9)(2.9 + 4.9)}} \right) \left(\sqrt{\frac{180}{2}} \right)$$

$$t = \left(\frac{-3.3}{\sqrt{(9)(7.8)}} \right) (\sqrt{90})$$

$$t = \left(\frac{-3.3}{\sqrt{(9)(7.8)}} \right) (9.49)$$

$$t = \left(\frac{-3.3}{\sqrt{70.2}} \right) (9.49)$$

$$t = \left(\frac{-3.3}{8.38} \right) (9.49)$$

$$t = (-0.394)(9.49)$$

$$t = -3.73906$$

Figura 8. Usando Microsoft Excel (hoja de cálculo) devuelve la Distribución t de Student, para la comprobación de prueba de hipótesis cuando el tamaño de la muestra es pequeño. Se usa esta función en lugar de una tabla de valores críticos para la distribución t.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the 'Excel Ayuda' (Excel Help) window open for the DISTR.T.N function. The main window displays a table of Student's t distribution values and the function's arguments.

Distribución t de Student

t = La prueba t se basa en una distribución muestral o poblacional de diferencia de medias conocidas la distribución t de Student que se identifica por grados de libertad, los cuales constituyen el número de maneras en que los datos pueden variar libremente.

α = Nivel de significancia o nivel alfa

$1 - \alpha$ = Nivel de confianza

gl	t	α
9	1.833	0.94999103
9	-1.833	0.05000897
9	4.033	0.99852021
9	-4.033	0.00147979
22	1.717	0.94998659
22	-1.717	0.05001341
7	1.895	0.95003097
7	-1.895	0.04996903
18	1.734	0.94999423
18	-1.734	C17,B17,1
18	3.739	0.99924884
18	-3.739	0.000751156

Argumentos de función

DISTR.T.N

X C17 = -1.734

Grados_de_libertad B17 = 18

Acumulado 1 = VERDADERO

= 0.050005768

Devuelve la distribución t de Student de cola izquierda.

X es el valor numérico para evaluar la distribución.

Resultado de la fórmula = 0.050005768

[Ayuda sobre esta función](#) Aceptar

Excel Ayuda - DISTR.T.N (función DISTR.T.N)

Devuelve la distribución t de cola izquierda de Student. La distribución t de Student se usa para la comprobación de pruebas de hipótesis cuando el tamaño de la muestra es pequeño. Use esta función en lugar de una tabla de valores críticos para la distribución t.

Sintaxis

DISTR.T.N(x,grados_de_libertad,acumulado)

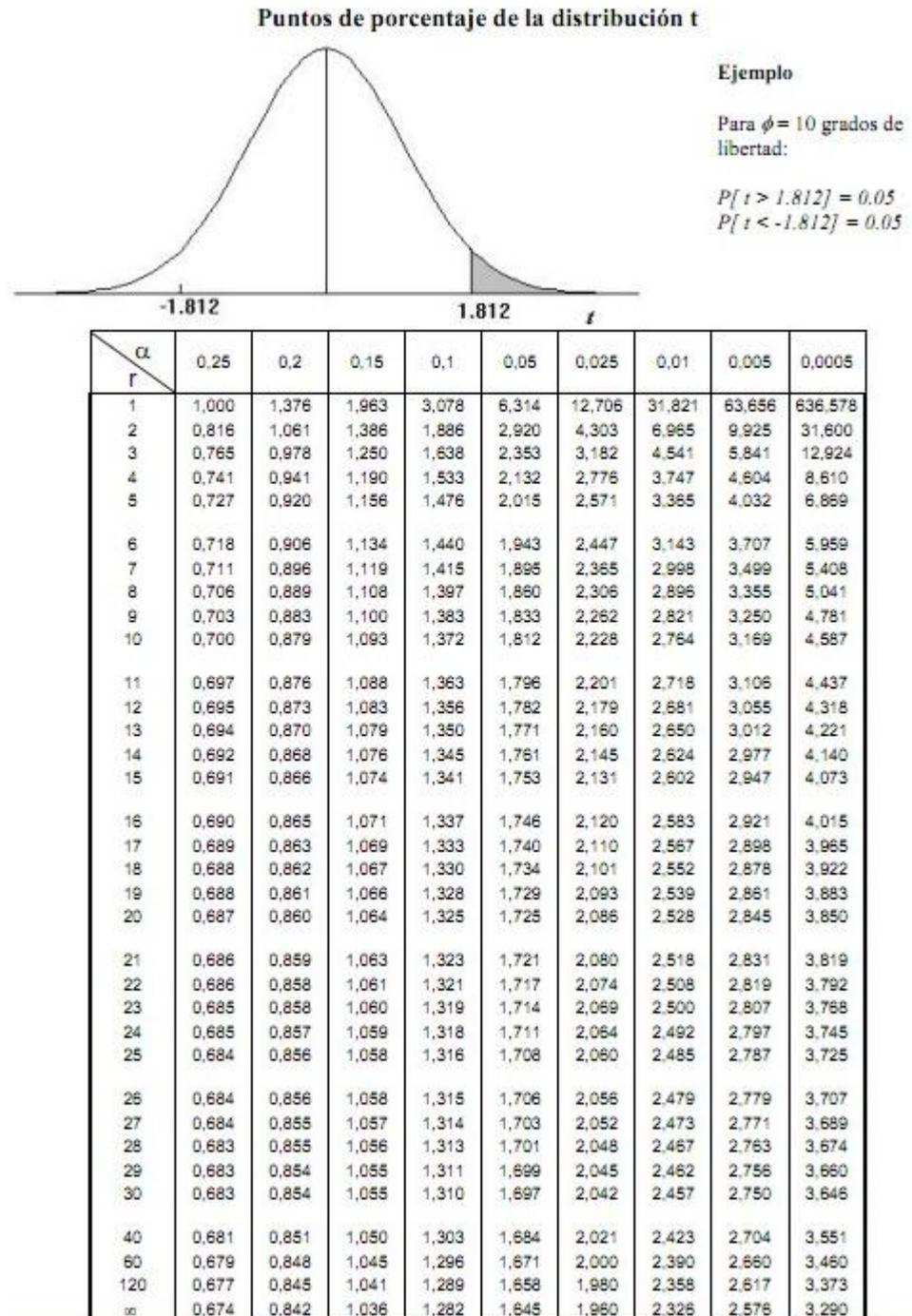
La sintaxis de la función DISTR.T.N tiene los siguientes argumentos:

- X** Obligatorio. Es el valor numérico al que debe evaluar la distribución.
- Grados_de_libertad** Obligatorio. Es un número entero que indica el número de grados de libertad.
- Acumulado** Obligatorio. Es un valor lógico que determina la forma de la función. Si el argumento acumulado es VERDADERO, DISTR.T.N devuelve la función de distribución acumulativa; si es FALSO, devuelve la función de densidad de probabilidad.

Observaciones

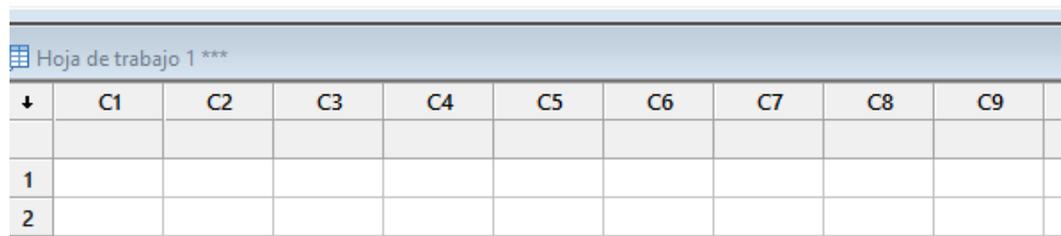
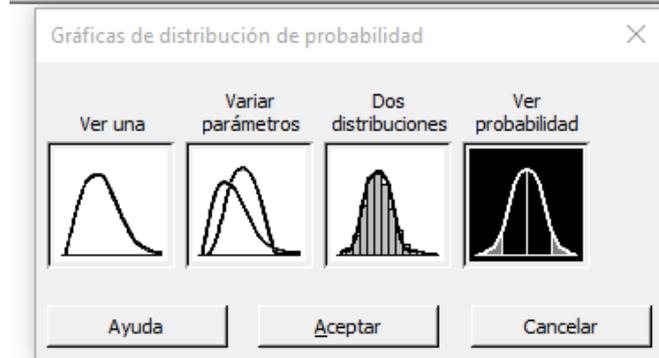
- Si uno de los argumentos es un valor no numérico, DISTR.T.N devuelve el valor de error #¡VALOR!.
- Si grados_de_libertad < 1, DISTR.T.N devuelve el valor de error #¡NUM!.

Figura 9. Tabla de Distribución t de Student.



Utilizando el software Minitab se obtiene el resultado en el gráfico.

Gráfico N° 4.17: Se selecciona en el menú Gráfico  Gráfica de distribución de probabilidad... luego clic en el gráfico Ver probabilidad y presiona el botón Aceptar.



	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1									
2									

Gráfico N° 4.18: En el área de distribución probabilidad inserte la Distribución t y grado de libertad que es igual a 18.

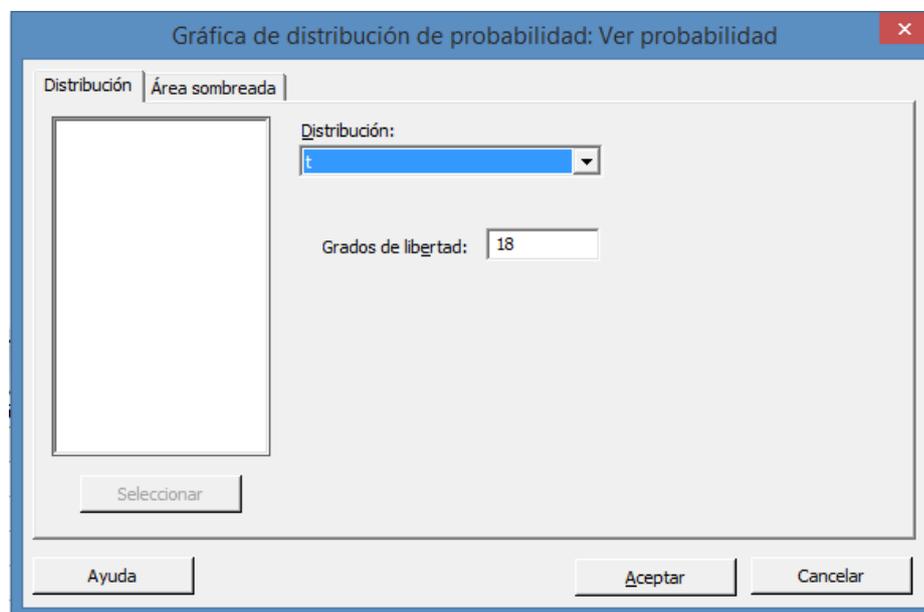


Gráfico N° 4.19: Definir área sombreada para la probabilidad con el margen de error tolerable al 5% y selecciona el grafico Cola izquierda.

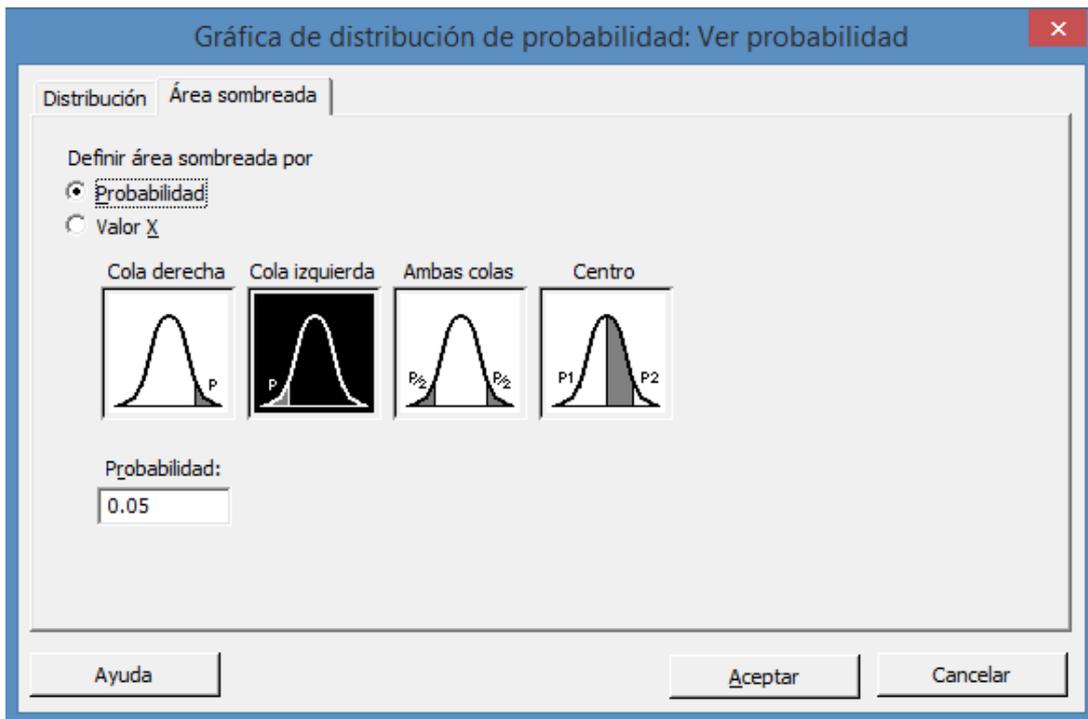


Gráfico 4.20: Gráfico de distribución de probabilidad t de Student con grados de libertad igual a 18 $t_{\alpha} = t_{0.05} = -1.734$ se dice que el coeficiente es significativo en el nivel de 0.05 (95% de confianza es que la correlación es verdadera y **5% de probabilidad de error**).

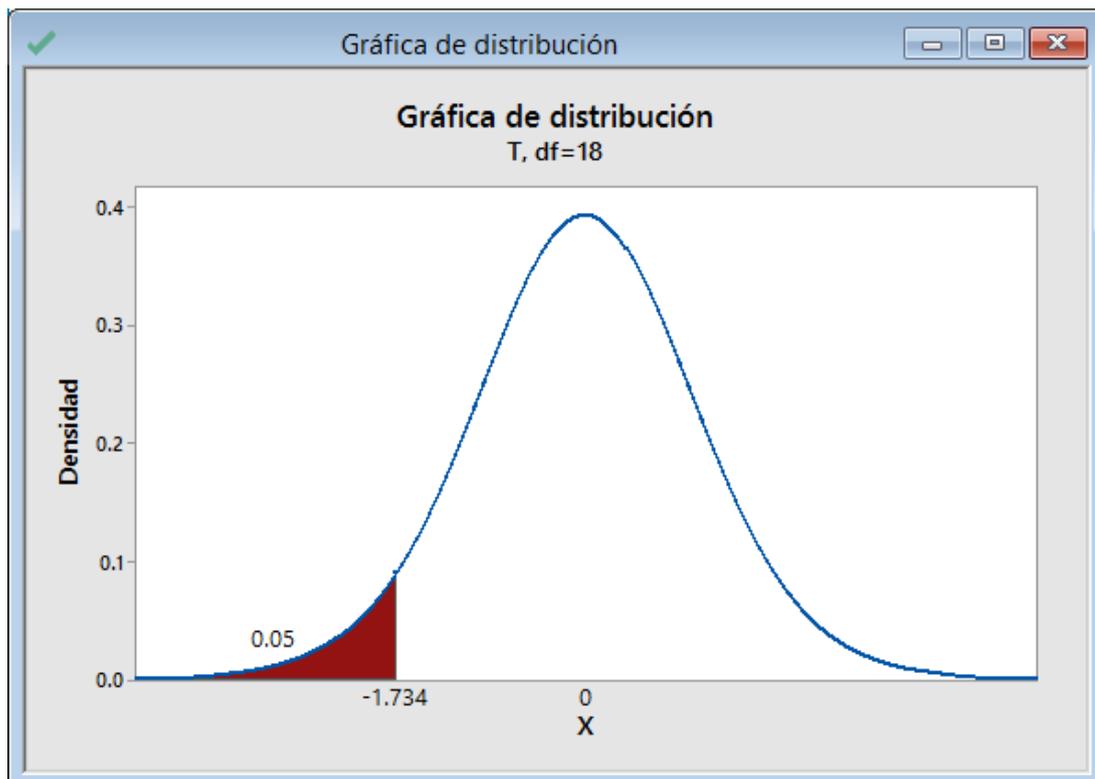


Gráfico 4.21: Gráfico de distribución de probabilidad t de Student con grados de libertad igual a 18 $t_{\alpha} = t_{0.05} = -1.734$ se dice que el coeficiente es significativo en el nivel de 0.05 (**95% de confianza es que la correlación es verdadera** y 5% de probabilidad de error).

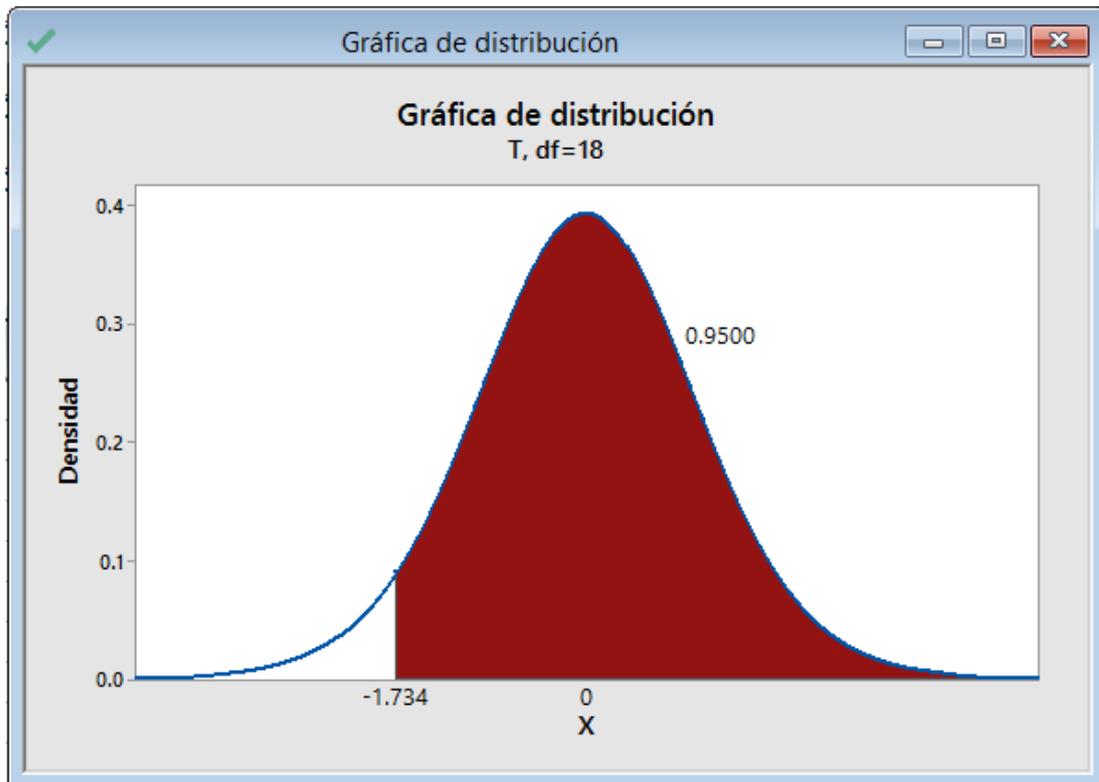


Gráfico N° 4.22: Definir área sombreada para la probabilidad con el margen de error al 0.075% y selecciona el grafico Cola izquierda.

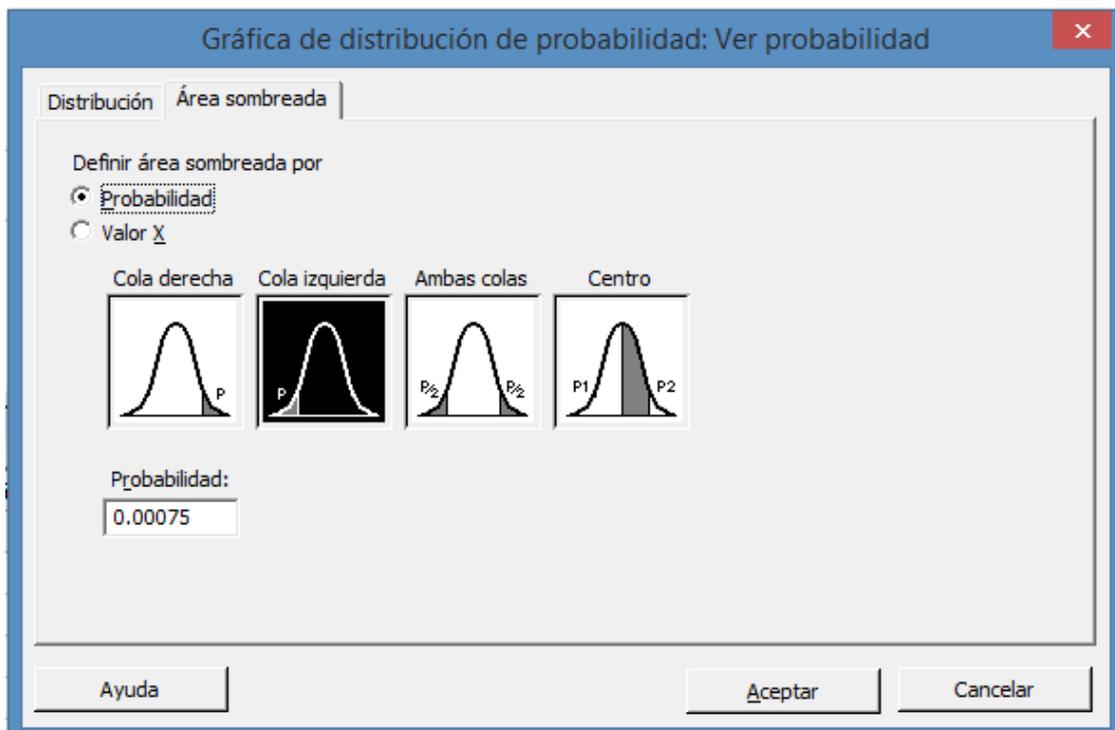


Gráfico 4.23: Gráfico de distribución de probabilidad t de Student con grados de libertad igual a 18 $t_{\alpha} = t_{0.00075} = -3.739$ se dice que el coeficiente es significativo en el nivel de 0.00075 (99.9% de confianza es que la correlación es verdadera y **0.075% de probabilidad de error**).

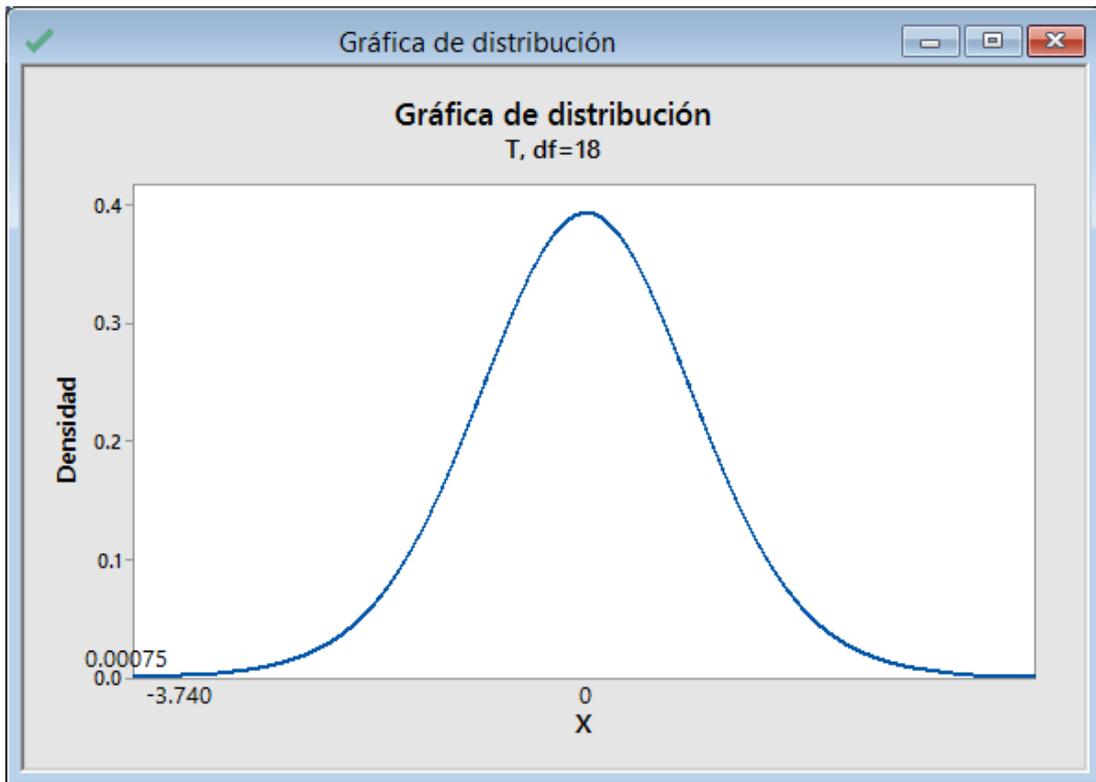


Gráfico N° 4.24: Definir área sombreada para el valor $X = -3.739$ y selecciona el grafico Cola derecha.

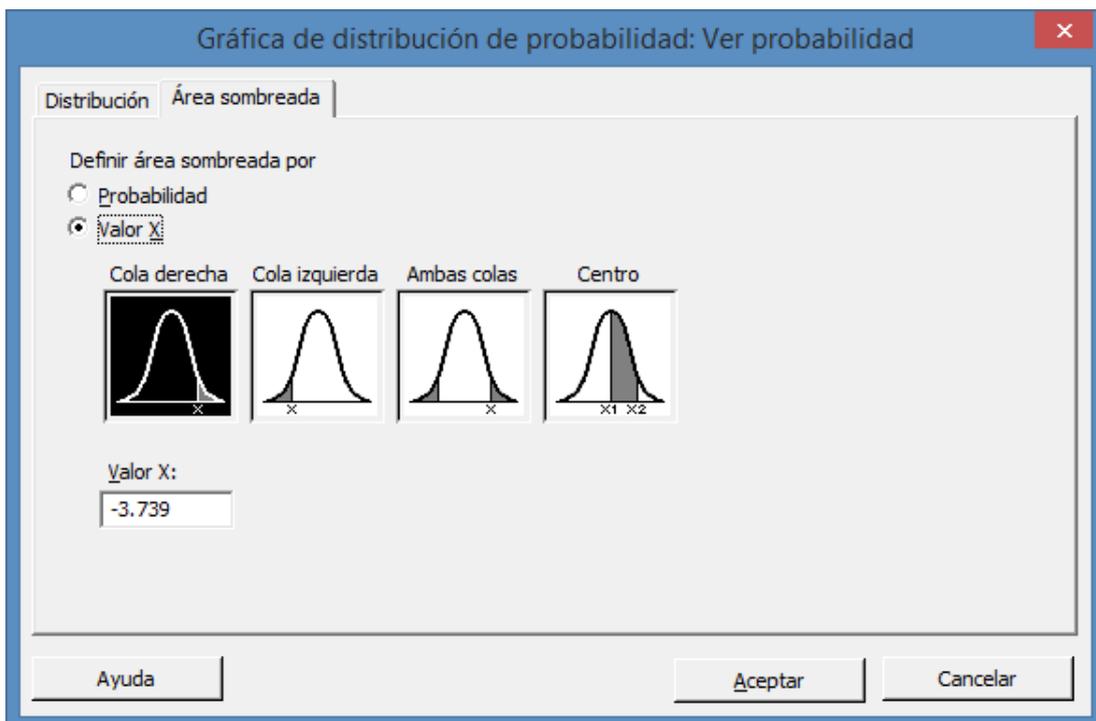


Gráfico 4.25: Gráfico de distribución de probabilidad t de Student con grados de libertad igual a 18 $t_{\alpha} = t_{0.00075} = -3.739$ se dice que el coeficiente es significativo en el nivel de 0.00075 (99.9% de confianza es que la correlación es verdadera y 0.075% de probabilidad de error).

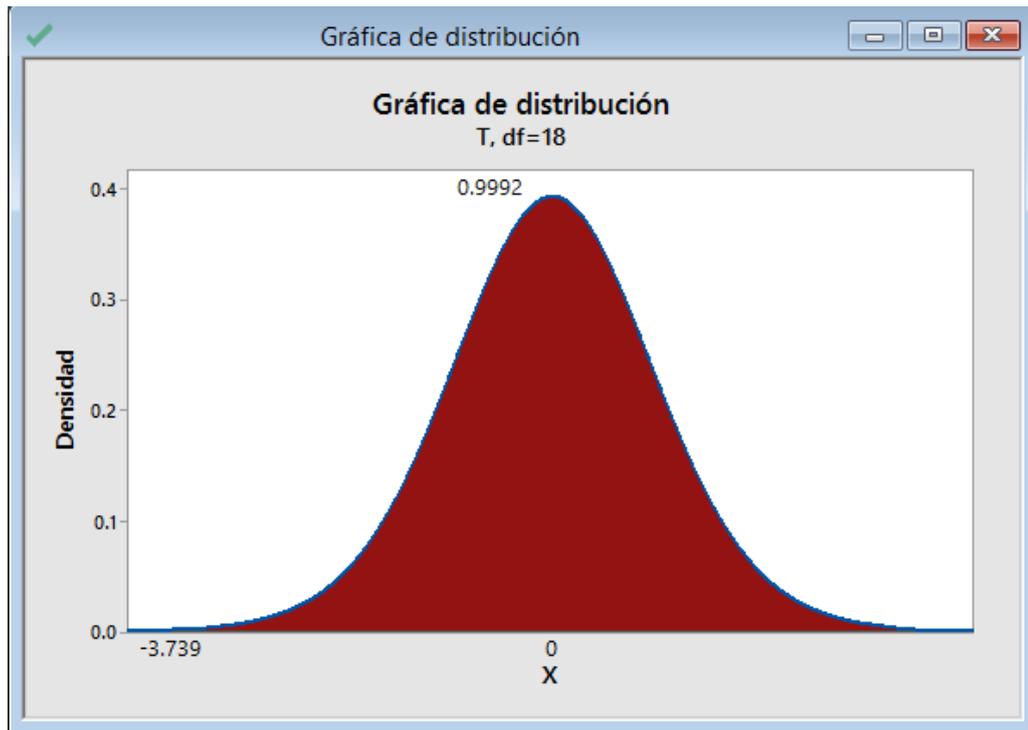
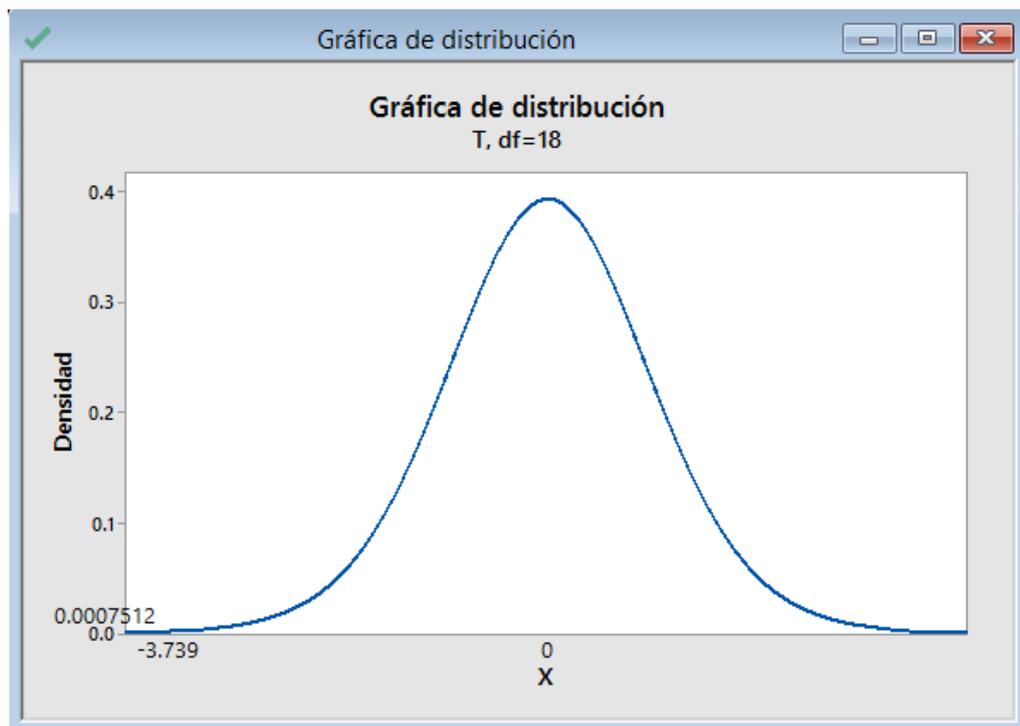


Gráfico 4.26: Gráfico de distribución de probabilidad t de Student con grados de libertad igual a 18 $t_{\alpha} = t_{0.00075} = -3.739$ se dice que el coeficiente es significativo en el nivel de 0.00075 (99.9% de confianza es que la correlación es verdadera y 0.075% de probabilidad de error).



V. Discusión de Resultados

Hipótesis Alternas:	Se rechaza la hipótesis nula si:
$\mu - \mu_0 < 0$	$z < -z_\alpha$
$\mu - \mu_0 > 0$	$z > z_\alpha$
Hipótesis Alternas:	Se aprueba la hipótesis nula si:
$\mu - \mu_0 = 0$	$z = z_\alpha$

En general, el siguiente cuadro sintetiza las distintas pruebas de hipótesis nulas $\mu = \mu_0$ que se puede realizar una media.

☞ Se Acepta la Hipótesis Nula sí $\mu - \mu_0 = 0$, no hay diferencia entre la aplicación de una SIMULACIÓN TRADICIONAL (Laboratorio Experimental) con un MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN.

☞ Hipótesis Alternativa1 $\mu - \mu_0 > 0$ (unilateral), Es cuando la aplicación de un SIMULACIÓN TRADICIONAL (Laboratorio Experimental) es **significativamente mayor** que la aplicación de un MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN.

El nivel de significancia o margen de error: $\alpha = 0.05$ $t_\alpha = -1.734$

☞ Hipótesis Alternativa2 $\mu - \mu_0 < 0$, el resultado es $t_\alpha = -3.739 <$

$t_{0.05}$ Vale decir, que es $-3.739 < -1.734$ o $0.00075 < 0.0500058$, se entiende que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la prueba de hipótesis; *por lo tanto la aplicación de un MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN mejorará el proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas que con la aplicación de una SIMULACIÓN TRADICIONAL (Laboratorio Experimental).*

VI. Conclusiones

En la prueba de hipótesis en esta investigación muestra que el margen de error obtenido es menor que el margen de error de tolerancia que es 0.05 o 5% que quiere decir que la prueba de hipótesis se aprueba.

En el control de procesos el ingeniero metalúrgico logró evaluar 10 circuitos de las plantas concentradoras con una ficha de control y encuestas.

El Modelo Sistémico de Simulación logrará almacenar información en gran cantidad de diversos muestreos realizado en forma ordenada en una base de datos para facilitar al usuario en la evaluación y control del proceso Molienda – Clasificación Directa de un Circuito Cerrado de Plantas Concentradoras Metalúrgicas.

Esto permite en muchas ocasiones estimar las inversiones necesarias para alcanzar determinados resultados sin necesidad de pruebas o ensayos costosos en planta.

Con el sistema tradicional para controlar el proceso de Molienda – Clasificación Directa es más costoso y demora mucho tiempo la simulación en el laboratorio experimental de prueba metalúrgica. En cambio este software de Modelo sistémico de simulación brinda gran ayuda a un metalúrgico para obtener resultados precisos anticipados a menor tiempo y menor costo para el control del proceso de Molienda – Clasificación Directa de una planta concentradora Metalúrgica basados en cálculos matemáticos.

Este tipo de investigación es como modelo para diseñar otros modelos más de diversos procesos de una planta concentradora para la obtención de minerales ya que es necesario para minimizar pérdidas de recurso, obtener buena productividad y rentabilidad.

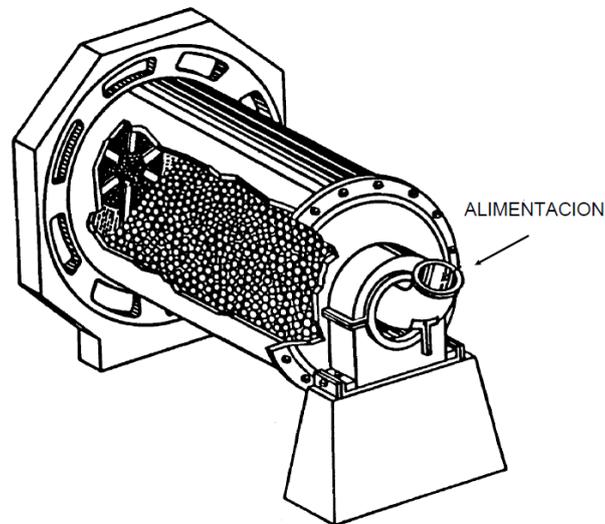


Figura 10. Ilustración de un molino de bolas detenido, que posee descarga de parrilla.



Planta Paragsha, Unidad Cerro de Pasco | Paragsha plant, Cerro de Pasco Unit

Figura 11. Planta concentradora Paragsha - Cerro de Pasco.

VII. Recomendaciones

- ✓ Para usar el Modelo Sistémico de Simulación el usuario necesitará capacitación para evaluar y controlar el proceso del Circuito Molienda-Clasificación Directa de una planta concentradora metalúrgico.
- ✓ Este Modelo Sistémico de Simulación solo puede acertar el buen funcionamiento operacional de molienda – clasificación de un tipo de circuito Directo y Cerrado.
- ✓ Esta investigación científica te servirá de base de estudio para desarrollar otros simuladores de diferentes tipos de circuitos Molienda - Clasificación.
- ✓ Para entender el desarrollo del Modelo Sistémico de Simulación hay que tener conocimiento de la metodología en la investigación básica Proceso Unificado (UP) para el análisis y modelamiento de software y la metodología de desarrollo Orientado a objetos (OOD) para la elaboración del Lenguaje de Programación.

VIII. Referencias

- Aguilar, Joyanes & Ignacio, Luis Zahonero Martínez. (2010) *PROGRAMACIÓN EN C, C++, JAVA Y UML*. México : McGraw Hill/Interamericana Editores.
- Alarcón Herrera, Erika & Crovetto Huerta, Christian. (2009) *BASE DE DATOS EN SQLSERVER 2008*. Lima-Perú: Grupo Editorial Megabyte S.A.C.
- Alvarado Calle, José. (2009) *LO NUEVO NETBEANS IDE LA GUÍA*. LIMA- PERU: Grupo Universitario.
- Bertalanffy, Ludwivon. (1989) *TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA*. Séptima reimpreción. México.
- Booch Grady, Rumbaugh & Jacobson Ivar, James. (2000a) *EL PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE*. Madrid: Pearson Education S.A.
- Booch Grady, Rumbaugh & Jacobson Ivar, James. (2006b) *EL LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO - GUÍA DEL USUARIO*. Segunda Edición. Madrid: Pearson Education S.A.
- Booch Grady, Rumbaugh & Jacobson Ivar, James. (2006c) *"THE UNIFIED SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS" EL PROCESO UNIFICADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE*. IBM Acquires Rational.
- Chekland, Peter. (2004) *PENSAMIENTO DE SISTEMAS, PRACTICA DE SISTEMAS*. Mexico: Limusa S.A

- Del Moral, Anselmo; Pazos Juan & Otros. (2007) *GESTION DEL CONOCIMIENTO*. España: Editores S.A. Barcelona.
- Hernández Sampieri, Roberto. (2014) *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. 6ta Edición. México: MC Graw Hill Education.
- Larman, Graig. (2003) *UML Y PATRONES - UNA INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS Y DISEÑO ORIENTADO A OBJETOS Y AL PROCESO UNIFICADO*. Segunda Edición. Madrid: Pearson Education S.A.
- Lynch, A. J. (1980) *CIRCUITOS DE TRITURACIÓN Y MOLIENDA DE MINERALES (SU SIMULACIÓN, OPTIMIZACIÓN, DISEÑO Y CONTROL)*. Madrid: Editorial Rocas y Minerales.
- Matsukawa Maeda, Sergio. (2004) *ANÁLISIS Y DISEÑO ORIENTADO A OBJETOS CON ULM Y RATIONAL ROSE*. Lima-Perú: MACRO S.A.
- Nolan, Richard L. & Croson, David C. (1996) *DESTRUCCION CREATIVA (UN PROCESO DE SEIS PASOS PARA TRANSFORMAR LA ORGANIZACIÓN)*. México: McGAW-HILL.
- Romero Moreno, Gesvin. (2004) *UML CON RATIONAL ROSE*. Lima-Perú: Megabyte S.A.
- Sepúlveda, Jaime & Gutiérrez R., Leonel. (1986) *DIMENSIONAMIENTO Y OPTIMIZACION DE PLANTAS CONCENTRADORAS MEDIANTE TECNICAS DE MODELACION MATEMATICA*. Chile: Centro de Investigaciones Minera y Metalúrgica.
<http://es.scribd.com/doc/36639543/Dimencionamiento-y-Optimizacion-Plantas-as-Jaime-Sepulveda>.
- Sepúlveda, Jaime Ph.D., ex alumno PUC, Vicepresidente Moly – Cop. (2009) *SOFTWARE SIMULA V. 2.0*. Chile/Latinoamérica: Manual de Usuario.

Taboada, Alberto. (2009) *ANÁLISIS DE PROCESOS Y DATOS USANDO UML*. Lima-Perú:
Libros Digitales NET.

Vasquez Paragulla, Julio. (2008) *SUPER JAVA. FOR WINDOWS WITH NETBEANS IDE*. Lima :
Parainformaticos.

INTERNET.

Andrew L. Mular & Roshan B. Bhapu. (1982) *DISEÑO DE PLANTAS DE PROCESO DE MINERALES*. Segunda Edición. Madrid: Editorial Rocas y Minerales.

Bravo Gálvez, Antonio Cesar, Supervisor de Operaciones, (2003) *MANUAL DE MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN DE MINERALES*. CASAPALCA – PERÚ: Ingeniero Metalurgista CIP 66587.

Ferre Grau, Xavier & Sánchez Segura, Maria Isabel. (2006) *DESARROLLO ORIENTADO A OBJETOS CON UML*. Facultad de Informática – UPM.

Leonard G. Austin & Concha A, Fernando. (1994) *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE CIRCUITO DE MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN*. Concepción-Chile: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. <http://es.scribd.com/doc/74925924/Simulacion-de-Circuitos-de-Molienda>.

Sepúlveda Jaime, Ph. D.; ExAlumno Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). (2009) *SOFTWARE SIMULADOR ESTÁTICO PLANTA CONCENTRADORA DENOMINADO SIMULA V. 2.0 DE MOLY-COP TOOLS (SMT)*. Chile/Latinoamérica: Vicepresidente Moly-Cop. http://www.uc.cl/sw_educ/simula/html/simula.html.

Shannon, Robert & Johannes, James D. (1976) «*SYSTEMS SIMULATION: THE ART AND SCIENCE*». IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 6(10). pp. 723-724.

IX. Anexos

Anexo A: Ficha técnica de la investigación.

FICHA TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

Resultado de evaluación o control del proceso Molienda - Clasificación de una Planta Concentradora Metalúrgica

Nro. de Circuito de la Planta:

Operador:

Nombre de la Empresa:

Lugar:

Fecha:

Nro.	Los más sobresalientes: Sub Indicador	Índice	Valor
1	Distribución Granulométrica; Alimento Fresco y Producto final P80 (micrones).	(micrones)	
2	Toneladas Secas de Sólido o Mineral (Tn/Hr)	(Tn/Hr)	
3	Flujo de Agua (m3/Hr)	(m3/Hr)	
4	Toneladas de Pulpa (Ton/Hr)	(Ton/Hr)	
5	Flujo Volumétrico de Pulpa (m3/Hr)	(m3/Hr)	
6	Densidad de Pulpa (m3/Hr)	(m3/Hr)	
7	Porcentaje de Sólidos en Volumen (%)	(%)	
8	Porcentaje de en Peso (%)	(%)	
9	Partición de Partícula (D50 en micrones)	(D50 en micrones)	
10	Diámetro interno del Molino (Pies)	(Pies)	
11	Largo interior del Molino (Pies)	(Pies)	
12	Velocidad Crítica del Molino (rpm)	(rpm)	
13	Densidad de Bolas (ton/m3)	(ton/m3)	
14	Diámetro de Bolas (Pulgada)	(Pulgada)	
15	Nivel de Llenado de Aparente (%)	(%)	
16	Porcentaje Sólido Descarga del molino (%)	(%)	
17	Potencia Neta (Kw)	(Kw)	
18	Consumo de Energía (Kw)	(Kw)	
19	Operación Work Intex (Kw/Hr)	(Kw/Hr)	

Firma del Operador

DNI:

Anexo B: Ficha de validación del instrumento por circuito.

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

FICHA DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

Cuestionario de Encuesta

Efecto en la eficiencia y eficacia del proceso de molienda – clasificación de Circuito de Planta Concentradora Metalúrgica.

Responsable: Zila Misraim Carhuaz Rivera

Indicación: Señor especialista se le pide su colaboración para que luego de un riguroso análisis de los Items de cuestionario de encuesta que le mostramos marque con un aspa el casillero que cree conveniente de acuerdo a su criterio y experiencia profesional, denotando si cuenta o no cuenta con los requisitos mínimos de formulación para su posterior aplicación.

Nota: Para cada pregunta se considera la escala de 1 a 5 donde:

1.- Muy Poco 2.- Poco 3.- Regular 4.- Aceptable 5.- Muy Aceptable

Nro.	ITEMS	Puntaje				
		1	2	3	4	5
1	¿Se minimiza el tiempo para la obtención del simulador el pronóstico resultante de evaluación al proceso del Circuito Cerrado Molienda-Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?					
2	¿El pronóstico para el buen funcionamiento del circuito molienda-Clasificación es preciso?					
3	¿Se minimiza las pérdidas de los recursos obtenidos del proceso de Molienda-Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?					
4	¿Se obtiene la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible?					
5	¿El molino está diseñado para funcionar eficientemente (velocidad de rotación, peso de cargas de bolas y tamaño de las mismas)?					
6	¿El molino incrementa las restricciones de desgastes con el control de Molienda-Clasificación?					
7	¿Se puede asesorar al operador con éxito para que mejore el proceso Molienda-Clasificación?					
8	¿Se logra adquirir la cantidad especificada de producto en la forma más eficiente posible, con el mínimo de gastos de energía?					
Total puntaje de la encuesta realizada al Operador Metalúrgico que evalúa el proceso de Molienda-Clasificación.						

Recomendaciones:.....

Operador:	Nro. de Circuito de la Planta:
Nombre de la Empresa:	
Lugar	
Fecha:	Grupo de comparación:

Firma del experto

DNI:

Anexo C: Ficha para obtener la media y la desviación estándar por grupo de comparación.

Resultados de evaluación ó control de los procesos Molienda - Clasificación de los Circuitos de Plantas Concentradoras Metalúrgicas.

Responsable: Zila Misraim Carhuaz Rivera

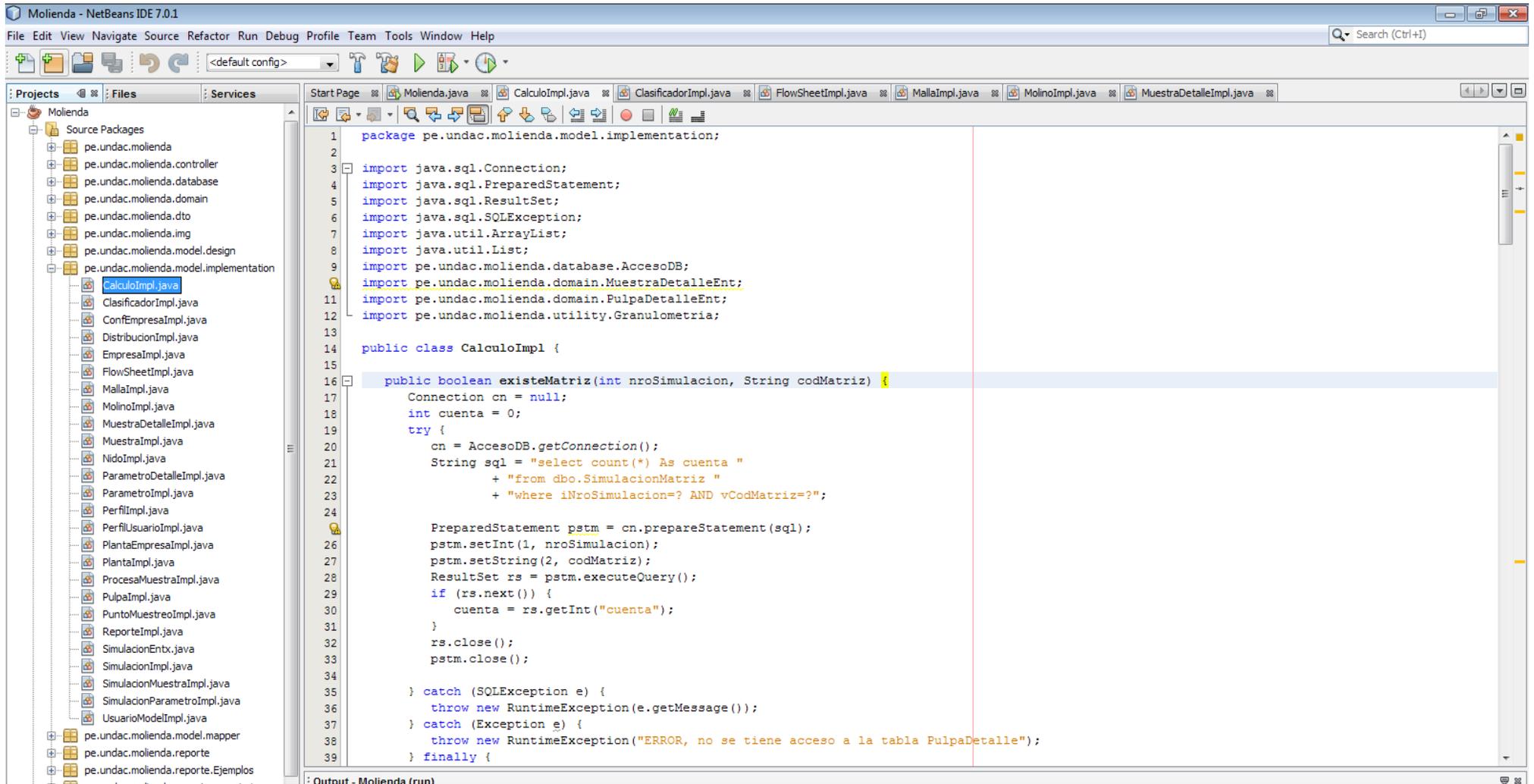
El puntaje de evaluación es de: 1 a 40

Grupo de comparación:

Muestra		Puntaje obtenido en la encuesta	Porcentaje
Nro. de Circuito de la Planta:	1		
Nro. de Circuito de la Planta:	2		
Nro. de Circuito de la Planta:	3		
Nro. de Circuito de la Planta:	4		
Nro. de Circuito de la Planta:	5		
Nro. de Circuito de la Planta:	6		
Nro. de Circuito de la Planta:	7		
Nro. de Circuito de la Planta:	8		
Nro. de Circuito de la Planta:	9		
Nro. de Circuito de la Planta:	10		

La MEDIA de puntaje obtenido en la encuesta de las muestras es:	
La DESVIACIÓN ESTÁNDAR de puntaje obtenido en la encuesta de las muestras es:	

Anexo D: Software Desarrollado en Lenguaje de Programación Orientado a Objetos NetBeans.



```
1 package pe.undac.molienda.model.implementation;
2
3 import java.sql.Connection;
4 import java.sql.PreparedStatement;
5 import java.sql.ResultSet;
6 import java.sql.SQLException;
7 import java.util.ArrayList;
8 import java.util.List;
9 import pe.undac.molienda.database.AccesoDB;
10 import pe.undac.molienda.domain.MuestraDetalleEnt;
11 import pe.undac.molienda.domain.PulpaDetalleEnt;
12 import pe.undac.molienda.utility.Granulometria;
13
14 public class CalculoImpl {
15
16     public boolean existeMatriz(int nroSimulacion, String codMatriz) {
17         Connection cn = null;
18         int cuenta = 0;
19         try {
20             cn = AccesoDB.getConnection();
21             String sql = "select count(*) As cuenta "
22                 + "from dbo.SimulacionMatriz "
23                 + "where iNroSimulacion=? AND vCodMatriz=?";
24
25             PreparedStatement pstmt = cn.prepareStatement(sql);
26             pstmt.setInt(1, nroSimulacion);
27             pstmt.setString(2, codMatriz);
28             ResultSet rs = pstmt.executeQuery();
29             if (rs.next()) {
30                 cuenta = rs.getInt("cuenta");
31             }
32             rs.close();
33             pstmt.close();
34
35         } catch (SQLException e) {
36             throw new RuntimeException(e.getMessage());
37         } catch (Exception e) {
38             throw new RuntimeException("ERROR, no se tiene acceso a la tabla PulpaDetalle");
39         } finally {
```

Anexo E: Instrumentos de Investigación (Matriz de Consistencia).

MATRIZ DE CONSISTENCIA								
TITULO								
UN MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN PARA EVALUAR EL PROCESO DE MOLIENDA – CLASIFICACIÓN DIRECTA Y SU IMPACTO EN LA COMPETITIVIDAD OPERATIVA DE PLANTAS CONCENTRADORAS METALÚRGICAS.								
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES Variable Independiente:	INDICADOR	INDICE	METODOS	TECNICAS	DATOS
¿En qué medida, un Modelo Sistémico de Simulación mejorará el proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?	Cuantificar el grado de influencia que ejerce un Modelo Sistémico de Simulación al proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.	El diseño de un Modelo Sistémico de Simulación mejorará el proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.	MODELO SISTÉMICO DE SIMULACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de pronóstico del modelo sistémico de simulación. • Eficacia de pronóstico Simulador para el buen funcionamiento del proceso de un circuito Molienda – Clasificación Directa. 	<p>Tiempo resultante del modelo sistémico de simulación.</p> <p>% de la función objetiva o capacidad de pronóstico de la simulación para el control de proceso Molienda - Clasificación Directa.</p>	<p>*Tipo de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Según la finalidad: Investigación Aplicada, porque se está utilizando conocimientos pre existentes. • Según naturaleza de las Variables: Investigación cuantitativa. <p>* Nivel de Investigación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explicativa y Correlacional, buscan las causas que origina el problema y su relación. <p>*Diseño de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo Experimental, que administra estímulos o tratamiento. • Manipulación intencional de variable (independiente). • Medición de variable (dependiente) <p>*Universo: Plantas Concentradoras con circuito directo cerrado. *Muestra: 10 Plantas Concentradoras con circuito directo cerrado (muestra probabilística por racimos).</p>	<p>Grupos (de control - experimental) y validez (interna - externa).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Técnicas: ☞ Encuestas. ☞ La observación. ☞ El Análisis Bibliográfico. ☞ Entrevistas. <ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos: ☞ Cuestionarios. ☞ Guías de Observación. <p>Procesamiento y Análisis de datos.</p> <p>Una vez recogido los datos, es necesario realizar su procesamiento, lo que incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La codificación • La Tabulación • El análisis y la interpretación 	<p>* Recolección de datos:</p> <p>a) Nivel de productividad de las plantas concentradoras metalúrgicas.</p> <p>b) Nivel de aprovechamiento de recursos de las plantas concentradoras metalúrgicas.</p> <p>c) Capacidad de pronóstico del modelo sistémico de simulación para el proceso de molienda-clasificación de las plantas concentradoras metalúrgicas.</p>
¿En qué medida, un Modelo Sistémico de Simulación mejorará la eficiencia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?	Cuantificar el grado de influencia que ejerce un Modelo Sistémico de Simulación en la eficiencia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.	El diseño de un Modelo Sistémico de Simulación mejorará la eficiencia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.	PROCESO MOLIENDA – CLASIFICACIÓN DIRECTA	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia del proceso Molienda – Clasificación Directa. • Eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa. • Funcionamiento del molino. 	<p>% de recursos del proceso Molienda – Clasificación Directa.</p> <p>% de Producto del molino (obtención de minerales valiosos).</p> <p>Nivel de Funcionamiento del molino.</p>			
¿En qué medida, un Modelo Sistémico de Simulación mejorará la eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas?	Cuantificar el grado de influencia que ejerce un Modelo Sistémico de Simulación en la eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.	El diseño de un Modelo Sistémico de Simulación mejorará la eficacia del proceso Molienda – Clasificación Directa en las plantas concentradoras metalúrgicas.	Ámbito: PLANTAS CONCENTRADORAS METALÚRGICAS.	<ul style="list-style-type: none"> • Desgastes del molino. • Asesoramiento al operador. • Gasto de energía 	<p>Nivel de desgastes del Molino.</p> <p>Nivel de asesoramiento del operador.</p> <p>% de consumo de energía.</p>			