

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMATICAS
FACULTAD 5



Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas

Título: Desarrollo de los flujos de trabajo de Requisitos y Análisis del modelo de criticidad Plantas de Producción de Bioproductos para el “*Sistema Integral de la Confiabilidad Operacional*”.

Autora:

Olivia Esther Ponce Achón.

Tutoras:

Ing. Heidy Alina Nuevo León.
M. Sc. Ing. Armando Díaz Concepción.

Asesora:

Ing. Yisel Nerys Cedeño Remón.

Consultante:

Ing. Lannie Octavio Herrera Pérez.

La Habana

Junio del 2012



Declaración de autoría

Declaro ser autora de la presente tesis y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los _____ días del mes de _____ del año _____.

Firma de la autora

Olivia Esther Ponce Achón

Firma de la Tutora

Ing. Heidy Alina Nuevo León

Firma del Tutor

M. Sc. Ing. Armando Díaz Concepción

Datos de contactos

Tutores:

Ing. Heidy Alina Nuevo León

Institución: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)

Categoría Docente: Instructor

Años de experiencia: 3

Teléfono de contacto: -

Correo electrónico: hanuevo@uci.cu

M. Sc. Ing. Armando Díaz Concepción

Institución: Facultad de Mecánica. CUJAE

Categoría Docente: Asistente

Años de experiencia: 6

Teléfono de contacto: 2663639

Correo Electrónico: adiaz@ceim.cujae.edu.cu

Ing. Yisel Nerys Cedeño Remón

Institución: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)

Categoría Docente: Instructor

Años de experiencia: 5

Teléfono de contacto: 835 8248

Correo electrónico: ycedeno@uci.cu

Ing. Lannie Octavio Herrera Pérez

Institución: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)

Categoría Docente: Instructor

Años de experiencia: 5

Teléfono de contacto: -

Correo electrónico: lherrera@uci.cu

Agradecimientos

A dios: porque es mi guía y mi luz.

A mi familia: por ser tan importantes para mí y yo para ellos.

Y especialmente:

A mis padres y mi hermano: porque son mi más valioso regalo y bendición.

A mis abuelos paternos: por mostrarme que es una verdadera familia.

A mi tío Juan Carlos por ser mi segundo papá.

A mis primas Ida, Yunielis y laymara: por ser como hermanas para mí y por estar a mi lado en mis momentos buenos y malos.

A mis padres de la Habana: Lay y Siso por preocuparse por mi y por ayudarme en todo lo que yo necesitase.

A mi Tortica: por estar siempre pendiente de mi y quererme tanto.

A mis amigos de hoy y del ayer: Porque sin ellos no fuera nadie, les debo lo que soy y mis momentos de felicidad.

A mis tutores: Heidi y Armando: porque fueron mi mejor apoyo en esta etapa.

A mis profesores: por haber cumplido en mi formación y superación como ingeniera, especialmente a Lannie por ofrecerme su ayuda incondicional, eso nunca lo olvidaré.

A todos los que de una forma u otra me dieron su apoyo cuando lo necesite, a los que no lo hicieron gracias también, porque aprendí que no somos todos los que estamos dispuestos a ayudar.

A mi país: por darme la posibilidad de hacer mis sueños realidad.

A todos Muchas GRACIAS!!!

Dedicatoria

"Dedico esta tesis a mis queridos padres de los cuales siempre he tenido su apoyo y dedicación y me han guiado en todos estos años de vida y estudio, haciéndome entender que todo es posible. A mis abuelos paternos que me han dado todo el apoyo del mundo contribuyendo a mi buena educación junto a mis padres. A mi Tío Juan Carlos que me ha brindado su ayuda incondicional en los momentos más difíciles estando siempre a mi lado y apoyándome como mi segundo papá y en especial a mi Hermano Didiek Alejandro y a mi Prima hermana Ida María para ellos todos mis triunfos como muestra y ejemplo de que si se puede".

Resumen

En este trabajo se propone mejorar el proceso de implementación del módulo de criticidad, con el objetivo de darle una atención especial a la gama de activos que intervienen en el proceso productivo acorde a las nuevas tendencias en el mantenimiento. Para ello se escoge el modelo de criticidad Plantas de Producción de Bioproductos, se desarrollan los flujos de trabajo de Requisitos y Análisis, a partir de los indicadores propios de estas plantas y se tienen en cuenta para el cálculo de criticidad y complejidad. Los resultados que se obtienen en el estudio es una lista jerarquizada de los equipos a partir de la comparación, a través de una matriz, entre los criterios que intervienen en el índice de criticidad y el de complejidad de cada activo dados los valores de ponderaciones obtenidos mediante la realización de entrevistas realizadas a los clientes que son los especialistas con una vasta experiencia en el tema.

Palabras Claves: Modelo de Criticidad para Plantas de Producción de Bioproductos, Cálculo de criticidad, Cálculo de complejidad, Lista Jerarquizada de los Equipos, Índice de Criticidad, Índice de Complejidad.

Índice

ÍNDICE	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
1.2 DEFINICIONES IMPORTANTES:.....	7
1.3 EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD, UNA METODOLOGÍA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL.....	10
1.4 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BIOPRODUCTOS.....	13
1.4.1 PARÁMETROS FUNDAMENTALES A TENER EN CUENTA PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CRITICIDAD Y EL ÍNDICE DE COMPLEJIDAD EN LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BIOPRODUCTOS.....	14
1.4.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL ANÁLISIS PARA LA OBTENCIÓN DE UN MODELO PROPIO PARA LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BIOPRODUCTOS.....	15
1.4.3 MODELO OBTENIDO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CRITICIDAD.....	17
1.4.4 MODELO OBTENIDO PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE COMPLEJIDAD.....	20
1.5 REQUISITOS.....	21
1.6 REQUISITOS FUNCIONALES.....	21
1.7 REQUISITOS NO FUNCIONALES.....	22
1.8 INGENIERÍA DE REQUISITOS.....	22
1.9 LENGUAJES DE MODELADO.....	23
1.10 METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE.....	23
1.11 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE.....	24
1.12 PROTOTIPO DE INTERFAZ DE USUARIO PARA LA VALIDACIÓN DE LOS REQUISITOS.....	25
1.13 SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE PROTOTIPADO NO FUNCIONAL AXURE.....	26
1.14 CONCLUSIONES PARCIALES.....	26

CAPÍTULO 2.....	28
SOLUCIÓN PROPUESTA.....	28
2.1. REQUISITOS FUNCIONALES	28
2.2. REQUISITOS NO FUNCIONALES	31
2.2.1. USABILIDAD.....	31
2.2.2. EFICIENCIA.....	32
2.2.3. SEGURIDAD.....	32
2.2.4. CONFIABILIDAD.....	33
2.2.5. PORTABILIDAD	33
2.2.6. SOPORTE	34
2.2.7. RESTRICCIONES DE DISEÑO	34
2.2.8. REQUISITOS PARA LA DOCUMENTACIÓN DE USUARIOS EN LÍNEA Y AYUDA DEL SISTEMA.....	34
2.2.9. INTERFAZ.....	34
2.2.10. REQUISITOS DE LICENCIA.....	35
2.2.11. REQUISITOS LEGALES, DE DERECHO DE AUTOR Y OTROS.....	35
2.2.12. ESTÁNDARES APLICABLES	35
2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS ACTORES DEL SISTEMA	35
2.4. DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL SISTEMA.....	36
2.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE USO DEL SISTEMA	37
2.5. DIAGRAMA DE COLABORACIÓN.....	43
2.6. CONCLUSIONES PARCIALES	44
CAPÍTULO 3.....	46
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	46
3.1. PROTOTIPO NO FUNCIONAL.....	46
3.2. CARTA DE VALIDACIÓN.....	50
3.3. CONCLUSIONES PARCIALES.....	51
CONCLUSIONES GENERALES	52

RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS	56

Índice de Figuras

FIGURA 1. ASPECTOS DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL..... 8

FIGURA 2. MODELO BÁSICO DE CRITICIDAD..... 13

FIGURA 3. PROTOTIPO EN EL PROCESO DE VALIDACIÓN DE REQUISITOS. 26

FIGURA 4: DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL SISTEMA DEL MODELO PLANTAS DE BIOPRODUCTOS..... 37

FIGURA 5: DIAGRAMA DE COLABORACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CRITICIDAD. . 43

FIGURA 6: DIAGRAMA DE COLABORACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE COMPLEJIDAD. 44

FIGURA 7: MÓDULO DE CRITICIDAD PARA EL MODELO PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BIOPRODUCTOS..... 47

FIGURA 8: DETERMINAR EL ÍNDICE DE CRITICIDAD PARA EL MODELO PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BIOPRODUCTOS..... 48

FIGURA 9: DETERMINAR EL ÍNDICE DE COMPLEJIDAD PARA EL MODELO PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BIOPRODUCTOS..... 49

Índice de Tablas

TABLA 1. TABLA DE PONDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE CRITICIDAD.	19
TABLA 2. TABLA DE PONDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE COMPLEJIDAD.	21
TABLA 4 TABLA CORRESPONDIENTE AL REQUISITO FUNCIONAL NÚMERO 1 DETERMINAR EL ÍNDICE DE CRITICIDAD.	28
TABLA 5 TABLA CORRESPONDIENTE AL REQUISITO FUNCIONAL NÚMERO 2 DETERMINAR EL ÍNDICE DE COMPLEJIDAD.	29
TABLA 6 TABLA CORRESPONDIENTE AL REQUISITO FUNCIONAL NÚMERO 12 GENERAR REPORTES.	30
TABLA 18 TABLA CORRESPONDIENTE A LA DESCRIPCIÓN DEL ACTOR DEL SISTEMA INGENIERO DE CRITICIDAD.....	35
TABLA 19 TABLA CORRESPONDIENTE A LA DESCRIPCIÓN DEL CASO DE USO NÚMERO 1 DETERMINAR EL ÍNDICE DE CRITICIDAD.	37
TABLA 20 TABLA CORRESPONDIENTE A LA DESCRIPCIÓN DEL CASO DE USO NÚMERO 2 DETERMINAR EL ÍNDICE DE COMPLEJIDAD.	39
TABLA 21 TABLA CORRESPONDIENTE A LA DESCRIPCIÓN DEL CASO DE USO NÚMERO 6 GENERAR REPORTES.....	41

Introducción

En el mundo de la modernización de los equipos, los nuevos desarrollos tecnológicos han generado un cambio en las estrategias sobre el mantenimiento, dado que es difícil una relación directa entre el tiempo de vida útil y la probabilidad de falla de los equipos. En este sentido, se hace necesario adoptar nuevas filosofías de mantenimiento que permitan mantener la calidad de los procesos y el cumplimiento de las funciones, de forma tal que los costos continúen siendo adecuados. Lo anteriormente planteado se basa en la definición de los objetivos de la Confiabilidad, la cual estudia algunas de las herramientas, tales como: el análisis Weibull, el modelamiento de confiabilidad y el FMECA (1) con el fin de integrarlas para desarrollar un sistema que permita evaluar el comportamiento de los equipos de manera sistemática, determinar su operatividad y así establecer los compromisos de mantenimiento e inspección necesarios para garantizar la integridad mecánica de las instalaciones.

Luego se presenta la conformación y aplicación del Sistema Integral de Confiabilidad Operacional (SIC), que no es más que un sistema integrado por equipos, procesos, tecnologías y personas para desarrollar un programa general de mantenimiento que se apoya en el contexto operacional de los equipos, puesto que en los últimos años las organizaciones han venido experimentando transformaciones a nivel tecnológico, organizacional, económico, y humano. Es aquí donde el mantenimiento juega un papel fundamental dentro de las organizaciones y el servicio al cliente se hace cada vez más importante en la producción. Con el objetivo de mejorar la eficiencia en las operaciones, se debe hacer una correcta programación de las instalaciones donde los enfoques son óptimos porque se utiliza un costo mínimo para la realización de las actividades y se obtienen los máximos resultados.

Las estrategias de última generación como la confiabilidad operacional, vienen ligadas al mantenimiento como metodologías de análisis que permiten evaluar el comportamiento de los componentes de forma sistemática, a fin de poder determinar el nivel de operatividad, la magnitud de riesgo y las acciones de mitigación y mantenimiento que requieren los activos para asegurar a los dueños su integridad y continuidad operacional. La confiabilidad como herramienta permite detectar la condición más probable en cuanto al comportamiento de un activo y a su vez proporciona un marco referencial para la toma de decisiones que va a direccionar la formulación de planes estratégicos. El análisis de la criticidad es una de las estrategias asociadas a la confiabilidad más utilizadas a nivel

internacional. La misma permite jerarquizar instalaciones y equipos en función de su impacto global, gracias a lo cual facilita la toma de decisiones.

Los conceptos expuestos anteriormente son citados de la referencia (4).

Desde finales del año 2000 se han ido desarrollando una serie de proyectos con el objetivo de lograr la soberanía económica e industrial. Por tal motivo surge "*Desarrollo de Aplicaciones Informáticas para la Ingeniería de Mantenimiento*" en el marco del cual se tiene el proyecto SIC y dentro de las herramientas del modelo conceptual definidas por este último se encuentra el modelo de criticidad Plantas de Producción de Bioproductos.

Correspondencia del tema con la política, la estrategia educacional y científico- técnica del país.

En los Lineamientos de la Política Económica y Social aprobados recientemente, aparecen un total de 14 lineamientos incluidos en 9 capítulos, donde se plantea la importancia que tendrán las actividades de mantenimiento tecnológico y constructivo en todas las esferas de la economía. Por este motivo el incremento de facultades a las direcciones de las entidades estará asociado a la elevación de su responsabilidad sobre la eficiencia, eficacia y el control en el empleo del personal, los recursos materiales y financieros que manejan. Por ello la actividad más importante es elevar significativamente la eficiencia en la generación eléctrica, dedicando la atención y recursos necesarios al mantenimiento de las plantas en operación, y así lograr altos índices de disponibilidad en las plantas térmicas y en las instalaciones de generación con grupos electrógenos. (2)

Para cumplir con los objetivos estratégicos relacionados anteriormente es necesario apoyarse en sistemas informáticos que faciliten la aplicación de los métodos más modernos y eficientes.

A nivel nacional e internacional existen herramientas que aplican el análisis de la criticidad (Metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos), entre las que se encuentran:

- El análisis de modos y efectos de fallas (FMEA), basado en la aplicación Microsoft Office Excel; permite identificar las fallas potenciales de diseño y proceso antes de que estas ocurran. De esta forma facilita la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo.
- El Sistema de Confiabilidad Integral de Activos (SCIA) es adaptable a todos los procesos que manejan las unidades de mantenimiento, permitiendo optimizar los procesos, homologar criterios y generar indicadores relevantes que faciliten la toma de decisiones a fin de obtener sistemas más

confiables. El módulo encargado del cálculo de la criticidad se denomina Análisis de Criticidad Integral de Activos.

Este último, a pesar de haber sido desarrollado en el (CEDIN)¹, tiene como insuficiencia que su análisis está basado en herramientas cualitativas que no brindan valores exactos como se requiere en el modelo definido. Además está orientado a satisfacer las necesidades específicas de la industria para la que fue contratado y su licencia comercial impide que fuese utilizado fuera de la misma.

Existen técnicas mucho más avanzadas como la Minería de Datos (Data Mining), a través de las cuales se logra obtener mayor cantidad y calidad de información, lo que mejora de forma creciente el proceso de toma de decisión.

La Minería de Datos se describe como un mecanismo de exploración de datos para la explotación o descubrimiento de nuevos conocimientos en grandes volúmenes históricos de datos mediante patrones de búsqueda capaces de construir información valiosa inexistente, y en algunos casos inviable por las técnicas clásicas de recuperación de información.(30)

Para el cálculo de los índices de la criticidad y complejidad es suficiente con aplicar las técnicas clásicas de recuperación de la información por lo que no es necesario aplicar Minería de Datos en esta investigación. No obstante la aplicación "Sistema Integral de la Confiabilidad Operacional" debería contar con una herramienta capaz de brindar datos originados con estas técnicas.

A falta de una solución viable se ha realizado un convenio entre el Centro de Ingeniería de Mantenimiento (CEIM) y el (CEDIN), pertenecientes al Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE) y la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) respectivamente, para desarrollar el proyecto "*Sistema Integral de la Confiabilidad Operacional (SIC)*", basado en un programa de mejora continua el cual facilita una alineación de los requisitos y los principios del modelo CMMI, permitiendo la obtención de las metas y los objetivos del negocio trazados dentro del proyecto.

En la actualidad la utilización de modelos conocidos no ha sido la más adecuada, existen algunos, cuyas herramientas no garantizan la exactitud a la que se aspira en determinados ámbitos y la implementación de estas herramientas informáticas para mejorar la eficiencia del proceso no ha tenido una amplia difusión debido a que en muchas instituciones no se tiene en cuenta el cálculo de la criticidad o se aplican procedimientos engorrosos que dificultan su utilización en la toma de

¹ CEDIN: Centro de Informática Industrial

decisiones. También existen otras soluciones, pero están orientadas a problemas específicos o son privativas.

En el CEIM se encuentran definidos varios modelos para el cálculo de los índices de criticidad. Uno de ellos es el llamado Plantas de Producción de Bioproductos. Actualmente se aplica de forma engorrosa y compleja, utilizando herramientas informáticas que no cumplen con todas las funcionalidades necesarias para una buena toma de decisión basada en esa metodología. Por lo tanto se ha determinado que con la implementación del modelo Plantas de Producción de Bioproductos en el módulo de criticidad del proyecto "*Sistema Integral de la Confiabilidad Operacional*" se resuelve dicha problemática, pero para ello es necesario definir que funcionalidades y características debe cumplir dicho módulo según las necesidades del cliente y acorde con el estado del arte.

De la antes descrita situación problemática se desprende el siguiente **problema científico**:

¿Cómo definir que funcionalidades y características deben tenerse en cuenta para la implementación del módulo de criticidad Plantas de Producción de Bioproductos, que formará parte de la aplicación informática "*Sistema Integral de la Confiabilidad Operacional*"?

Objeto de estudio: Análisis de la criticidad para el modelo Plantas de Producción de Bioproductos.

Campo de acción: Flujos de Requisitos y Análisis del modelo de criticidad Plantas de Producción de Bioproductos para el proyecto "*Desarrollo de Aplicaciones Informáticas para la Ingeniería de Mantenimiento*".

Objetivo General:

Desarrollar los flujos de trabajo Requisitos y Análisis para el módulo de criticidad Plantas de Producción de Bioproductos perteneciente al "*Sistema Integral de la confiabilidad operacional*".

Idea a defender:

Desarrollando los flujos Requerimiento y Análisis del modelo de criticidad Plantas de Producción de Bioproductos para el "*Sistema Integral de la Confiabilidad Operacional*", se pueden definir las funcionalidades y características que deben tenerse en cuenta para la implementación del módulo de criticidad del mencionado sistema.

Tareas de la investigación:

- Análisis de los modelos de criticidad para la definición del estado del arte.
- Diagnóstico de las herramientas informáticas existentes que contienen módulos de análisis de la criticidad para intentar aplicarlas a la investigación.
- Análisis de las técnicas de captura y validación para el desarrollo del flujo de requisitos.
- Análisis de las metodologías, lenguajes de modelado y herramientas CASE para la obtención de elementos comparativos que permitan seleccionar aquellas que serán aplicadas en la investigación.
- Estudio de la metodología de desarrollo RUP y del lenguaje de modelado UML para el desarrollo de los diagramas de caso de uso del sistema y colaboración.
- Desarrollo de un prototipo no funcional para la validación de la propuesta.

Para apoyar el desarrollo de la investigación se emplean los siguientes **Métodos científicos**:

Métodos Teóricos:

Modelación. Para la creación de modelos y diagramas que reflejen la lógica del módulo Presentación en su análisis.

Histórico – lógico: Con el objetivo de conocer la evolución de las teorías y tendencias para el análisis de la criticidad en el *proyecto "Desarrollo de Aplicaciones Informáticas para la Ingeniería de Mantenimiento"*.

Analítico-Sintético: Con el objetivo de conocer los principales fundamentos y teorías relacionadas con el análisis de la criticidad en el *proyecto "Desarrollo de Aplicaciones Informáticas para la Ingeniería de Mantenimiento"*.

Métodos Empíricos:

Revisión bibliográfica: Realizar un estudio de un conjunto de fuentes de información referidas al tema, así como libros, artículos, revistas, publicaciones, que son de gran utilidad para documentar la base teórica del trabajo a desarrollar.

Resultados esperados:

- Especificación de requisitos de software.
- Especificación de casos de uso del sistema.
- Diagramas de análisis.
- Prototipo de interfaz de usuario no funcional.

Estructura de la tesis:

El trabajo está estructurado por 3 capítulos, los cuales están conformados como se muestra a continuación:

Capítulo 1. Fundamentación Teórica: En este Capítulo se realiza un análisis de diferentes conceptos referidos al campo de investigación, se caracteriza el modelo de análisis de criticidad para Plantas de Producción de Bioproductos, también se realiza el estudio de las metodologías para el desarrollo del software, se hace una caracterización de los diferentes lenguajes de modelado de procesos, de algunas técnicas de captura de requisitos y las etapas de la Ingeniería de Requisitos; se presentan patrones de casos de uso y herramientas de desarrollo de software.

Capítulo 2. Solución propuesta: Este Capítulo realiza el análisis de los conceptos importantes y de la metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional y así garantizar un mayor entendimiento del sistema. Se presentan restricciones, políticas o condiciones a cumplir por el sistema, un conjunto de requisitos funcionales y no funcionales así como el diagrama de casos de uso del sistema, diagrama de análisis y la descripción de los mismos.

Capítulo 3. Validación de los resultados: Se verifica que los requisitos tengan la calidad y especificación requerida. Se utilizan métricas para validar que los casos de uso se ajusten a los requisitos de software. Se mide el grado de satisfacción del cliente, así como la presentación de un prototipo no funcional de la posible interfaz de usuario a emplear en el sistema.

CAPÍTULO 1

Fundamentación Teórica

En este capítulo se exponen los principales conceptos presentes en el desarrollo del sistema. Se obtiene un resultado del estudio sobre diferentes modelos de criticidad, con el fin de seleccionar un modelo que sea satisfactorio para el análisis de la misma. Además se realizará la Ingeniería de Requisitos y se fundamentan las herramientas, tecnologías, metodología y lenguajes usados con el fin de lograr la solución del problema planteado.

1.2 Definiciones importantes:

Confiabilidad:

Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo condiciones de operación previamente establecidas. (5)

En definiciones más concisas podemos decir que, desde el punto de vista del mantenimiento, la confiabilidad es una medida de la seguridad y del riesgo. Es un grado de confianza de que un activo cumplirá su función, bajo condiciones, durante un tiempo dado. Es la probabilidad de un desempeño libre de fallos, bajo condiciones especificadas. (6)

Confiabilidad Operacional:

Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y personas), de cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico. Su mejoramiento está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad del proceso, confiabilidad humana, confiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos como se muestra en la figura 1. (7)

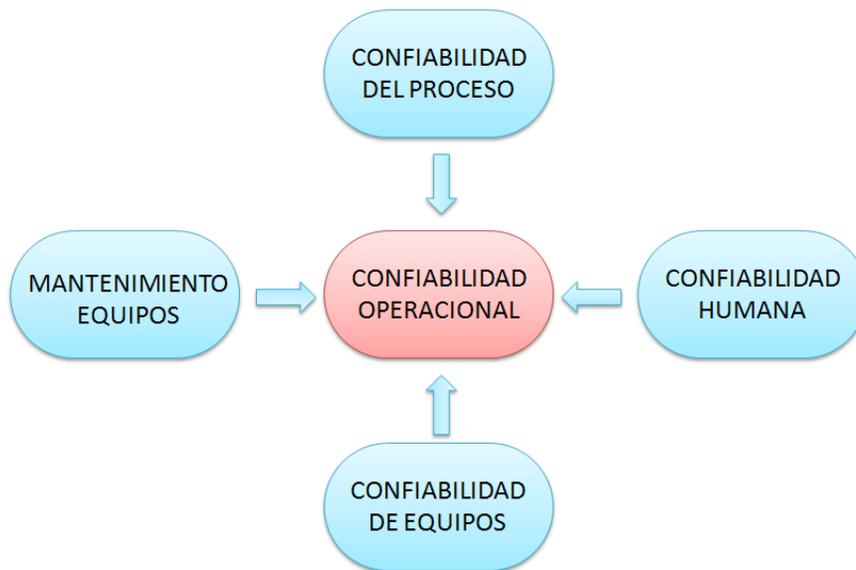


Figura 1. Aspectos de la Confiabilidad Operacional.

La experiencia ha demostrado que la variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros representados en la figura 1, afectará el comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema.

La Ingeniería de la Confiabilidad se destaca como el marco teórico en el cual conviven las metodologías y técnicas necesarias para la optimización del uso de los activos físicos. La Confiabilidad Operacional incluye procesos de mejoramiento continuo, nuevas tecnologías, metodologías y herramientas de diagnóstico, con el objetivo de mejorar la productividad industrial. (6)

La necesidad cada día más acentuada por mejorar los estándares en materia de seguridad, ambiente y productividad de las instalaciones y sus procesos, obliga a incorporar nuevas tecnologías que permitan alcanzar las metas propuestas. En el ámbito internacional las empresas exitosas han basado su estrategia en la búsqueda de la excelencia a través de la filosofía de Clase Mundial, la cual tiene asociada la aplicación de diez prácticas. Estas prácticas son:

1. Trabajo en equipo.
2. Contratistas orientadas a la productividad.
3. Integración con proveedores de materiales y servicios.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

4. Apoyo y visión de la gerencia.
5. Planificación y programación proactiva.
6. Mejoramiento continuo.
7. Gestión disciplinada de procura de materiales.
8. Integración de sistemas.
9. Gerencia de paradas de planta.
10. Producción basada en confiabilidad.

Todas estas prácticas están orientadas al mejoramiento de la confiabilidad operacional de las instalaciones y sus procesos, sistemas y equipos asociados, con la finalidad de hacer a las empresas más competitivas y rentables, disponer de una excelente imagen con el entorno, así como la satisfacción de sus trabajadores, clientes y suministradores.

El análisis de criticidad es una de las metodologías que integran la práctica 10. (5)

A partir del análisis y tomando como base la bibliografía consultada se puede definir CRITICIDAD de las siguientes maneras:

Criticidad:

“Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como: **Criticidad** es el producto de la frecuencia por consecuencia, donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado en un período de tiempo y la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente”. (5)

Medición relativa de las consecuencias de un modo de fallo y su frecuencia de ocurrencia.

1. Criticidad = Frecuencia x Consecuencia.(4)
2. Criticidad = Frecuencia x Consecuencia x Detectabilidad.(4)

En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad.
- Ambiente.
- Producción.
- Costos (operacionales y de mantenimiento).
- Tiempo promedio para reparar.
- Frecuencia de falla.

“Característica (cálculo numérico determinístico) de un sistema, que representa el impacto de la falla en cuanto a seguridad, ambiente o producción del proceso al cual pertenece; evalúa la flexibilidad operacional, los costos de reparación-mantenimiento y confiabilidad. Esta característica puede ubicarse en bandas alta, media y baja.” (4)

La criticidad tiene una relación directa con los parámetros económicos de cualquier empresa y está basada en riesgo.

1.3 El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional.

Conceptos preliminares:

Análisis de Criticidad: Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis. (5)

El objetivo de un Análisis de Criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. (5)

La información recolectada en este estudio podrá ser utilizada para:

- Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.
- Dirigir las políticas de mantenimiento a las áreas o sistemas más críticos.

El Análisis de Criticidad se aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieren ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos: mantenimiento, inspección, materiales, disponibilidad de planta y personal. (4)

En el ámbito de mantenimiento. Al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se puede establecer una priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, procedimientos y modificaciones menores; inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo. (4)

En el ámbito de inspección. El estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida para sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, espesores, flujo), así como para equipos dinámicos, estáticos y estructurales. (4)

En el ámbito de materiales. La criticidad de los sistemas ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de equipos y piezas de repuesto que deben existir en el almacén central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los almacenes de planta, es decir, se puede minimizar el stock de materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo logrando un costo óptimo de inventario. (4)

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

En el ámbito de disponibilidad de planta. Los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad. (4)

A nivel del personal. Un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal basado en las necesidades reales de la instalación tomando en cuenta primero las áreas más críticas que es donde se concentran las mejores oportunidades de mejora y de agregar el máximo valor. (4)

Información requerida.

La condición ideal sería disponer de datos estadísticos de los sistemas a evaluar que sean bien precisos, lo cual permite cálculos “exactos y absolutos”. Sin embargo desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de una data histórica de excelente calidad, el Análisis de Criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cuál es la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios a evaluar. La información requerida para el análisis siempre estará referida con la frecuencia de fallas y sus consecuencias.

Precondiciones para el Análisis de Criticidad.

Para el Análisis de Criticidad, es necesario tener en cuenta dos aspectos importantes del lugar (empresa, industria, proceso) al que se le aplica el estudio:

- Descripción técnica de los sistemas de planta o producción como son: detalles de la planta, condiciones de operación, descripción de los equipos.
- Diagramas de flujo o dibujos técnicos que contengan datos del proceso, variables, productos, códigos de comunicación, etc.

Un modelo básico de Análisis de Criticidad es equivalente al mostrado en la figura 2. (8) Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Para la aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis.



Figura 2. Modelo básico de criticidad. (4)

1.4 Principales características de las Plantas de Producción de Bioproductos.

Entre las principales características de una Planta de Producción de Bioproductos encontramos:

- Plantas de producción no continuas, producciones por lotes, aunque en diferentes momentos se trata de conjugar los procesos para disminuir tiempo de trabajo.
- Los períodos de obtención de un producto desde el inicio hasta la obtención final del mismo oscila entre 3 y 14 días.
- Las plantas deben de tener alta disponibilidad del equipamiento, una vez comenzado el proceso cualquier rotura conllevaría a la pérdida del producto.
- Equipamiento especializado, de alta complejidad y costos, es muy difícil la duplicidad de equipos básicos.
- Alta seguridad operacional, al trabajar con microorganismos vivos cualquier accidente o vertimiento trae consigo contaminaciones ambientales o afectaciones a los operadores.
- Diferentes grados de accesibilidad a las áreas, las vinculadas directamente con el proceso de producción se encuentra dentro del área certificada, su acceso a ella es a través de un transfer, donde el personal deberá hasta cambiarse de ropa con los diferentes inconvenientes que trae consigo.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

- Plantas sujetas a fuertes controles ambientales de los procesos tecnológicos y del estado del equipamiento.
- Existen diferentes activos que sus reparaciones tienen que ser a través de personal certificado. (4)

Áreas generales de una Planta de Producción de Bioproductos.

1. Área de laboratorio y preparación de inóculo. (Pre inóculo)
2. Área de producción. (Producción)
3. Área de recuperación. (Recuperación)
4. Área de disposición del producto final. (Terminación)
5. Área de preparación de materia prima. (Materia Primas)
6. Área de servicios. (Servicios):
 - 6.1. Área de suministro de aire.
 - 6.2. Área de enfriamiento de agua.
 - 6.3. Área de ventilación.
 - 6.4. Área de generación de vapor.
7. Área de tratamiento de residuales. (Residuales)
8. Área civil. (Construcción Civil)

Otras áreas. (11)

1.4.1 Parámetros fundamentales a tener en cuenta para el cálculo del índice de criticidad y el índice de complejidad en las Plantas de Producción de Bioproductos.

Definición del alcance del estudio:

En las plantas de producción de productos biológicos, esta herramienta se hace vital a la hora de priorizar el seguimiento a los equipos o sistemas que queden como más críticos para poderles dar un seguimiento completo y disminuir o eliminar las fallas, y con esto las consecuencias y el impacto que tendrían sobre este tipo de producción.

El objetivo es establecer un método que sirva de ayuda para determinar y establecer una jerarquía

entre los equipos que intervienen en el proceso productivo de la Planta de Producción de Bioproductos.

Los riesgos que se corren en este tipo de procesos productivos son muy elevados, estos requieren en todo momento de buenas prácticas de manufactura ya que por su naturaleza biológica la existencia de microorganismos y bioplásticos y la ocurrencia de una falla podría conllevar a consecuencias fatales como el impacto directo al medio ambiente y la posibilidad de eventos no deseados con daños a la salud y la seguridad personal.

Además de esto los procesos de obtención de los bioproductos requieren del empleo de métodos que presentan una variabilidad intrínseca, así que las condiciones de producción y el cumplimiento de buenas prácticas asumen una importancia vital en la obtención del producto final, la reducción de la frecuencia de las fallas implicaría también la disminución del impacto de un activo sobre la producción en el caso de una falla, así como la ocurrencia de otros eventos que repercuten en la confiabilidad operacional de la planta. (4)

1.4.2 Factores que intervienen en el análisis para la obtención de un modelo propio para las Plantas de Producción de Bioproductos.

Uno de los factores a tener en cuenta para el análisis es la tormenta de ideas con el personal que se seleccionó como especialistas, los mismos son pertenecientes al campo de investigación.

Descripción de los criterios a analizar:

Frecuencia de falla: Categoría que tiene en cuenta la falla imprevista de un equipo que podría llevar a la pérdida del producto o una extensión en el tiempo de producción. Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un período de un año. Se define como la incapacidad de cualquier activo, en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de diseño/proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente. Esta categoría influye de manera significativa en estos tipos de producciones, ya que como se había explicado, son procesos de larga duración, la falla imprevista de un equipo podría llevar a la pérdida del producto, una extensión en el tiempo conllevaría en muchos casos a la autólisis² del microorganismo.(4)

² Autólisis: Proceso biológico por el cual una célula se autodestruye.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

Impacto a la producción: Categoría que mide el impacto de un activo a la producción. Representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad. (4)

Impacto ambiental: Categoría que mide el grado de impacto sobre el medio ambiente de un activo en el caso que falle, considera la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente producto de la ocurrencia de un fallo. Representa la posibilidad de que sucedan eventos que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones. Estas plantas se clasifican, de acuerdo a su nivel de seguridad o nivel de riesgo, por el impacto al medio ambiente o al personal atendiendo al microorganismo que esté en ejecución. (4)

Impacto a la salud y la seguridad personal: Considera la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas producto de la ocurrencia de un fallo. Representa la posibilidad de que sucedan eventos que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda resultar lesionada. Ya se definió en la categoría anterior la importancia de este elemento, debe destacarse que siempre se trabaja con microorganismos vivos. (4)

Tiempo promedio para reparar: Representa el tiempo promedio que toma reparar la falla o el tiempo que el equipo está fuera de servicio. (4)

Costo de reparación: Se refiere al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento. Evalúa el costo de la falla, tiene en cuenta todos los costos vinculados (incluye labor, materiales, transporte, energía, etc.) (4)

Costos de mantenimiento: Evalúa los costos en que incurren los equipos por la acción de mantenimiento. (4)

Pérdida de imagen de la planta: Fallos que provoquen la pérdida de imagen de la planta de bioproductos (administrativos, estratégicos, etc.). (4)

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

Impacto satisfacción al cliente: En él se evalúa el impacto que la ocurrencia de una falla afectaría a las expectativas del cliente en la obtención del producto terminado con la calidad requerida. (4)

Complejidad productiva: Evalúa cuán complejo es el activo en su manipulación, el nivel de preparación que debe tener el operador para poder trabajar con el mismo. (4)

Complejidad mecánica: Nos brinda un indicador del grado de preparación que debe tener el personal de mantenimiento para ejecutar alguna acción sobre el equipo que se evalúa. (4)

Complejidad ubicacional: Existen áreas certificadas que su acceso es a través del transfer, con los inconvenientes que conlleva para el personal de mantenimiento cumplir con las reglamentaciones de esta acción, por lo que la atención a estos activos se hace más complicado. (4)

Detectabilidad: Categoría que mide el grado de instrumentación de los equipos, es la facilidad que tiene un sistema para detectar fallas funcionales. Equipos que presentan un soporte de instrumentación bastante elevado que informa a los operadores del estado de la operación que se está realizando. Permite al operador tomar decisiones sobre la posibilidad de ocurrencia de una falla funcional y en muchos casos brindan información del modo de fallo. (4)

Identificación de los equipos a estudiar:

Las Planta de Producción de Bioproductos cuentan con una gran variedad de equipos, los equipos que se incluyeron dentro del estudio del análisis de criticidad fueron escogidos bajo la supervisión de especialistas y técnicos, siendo los más comunes y los que más importancia tienen para el desarrollo de proceso y la obtención del producto final.

1.4.3 Modelo obtenido para el cálculo del índice de criticidad.

El mismo se obtiene de una fórmula matemática:

$$18 \rightarrow I.C. \text{ (criticidad)} = (A * \text{Severidad}) * (\text{Frecuencia de falla}) * (B * \text{Detectabilidad}) \quad (4)$$

$$19 \rightarrow \text{Severidad} = \text{Impacto Seguridad} + \text{Impacto Ambiental} + \text{Impacto Productivo} \quad (4)$$

Los coeficientes A y B afectarán los índices a los que están asociados.

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

A=2 producto a que estas categoría presentan un mayor impacto en el índice de criticidad, los mismos tiene un mayor grado de incidencia en la clasificación en dichas plantas.

B=0.2 producto a que los activos presentan buena instrumentación, da un criterio del estado del proceso por lo que si B fuera un número entero falsearía los resultados a obtener.

Categorías a evaluar en el cálculo de criticidad.

- **Frecuencia de falla (F.F)**
- **Severidad:** Es el índice que tiene en cuenta los impactos al medio ambiente, impacto a la seguridad y el impacto productivo.

Las categorías que a continuación se muestran se encuentran enmarcadas en el índice de severidad.

- **Impacto productivo (I.P)**
- **Impacto ambiental (I.A)**
- **Impacto a la salud y la seguridad personal (I.S.S.P)**
- **Detectabilidad (D)**

Después de definir cada variable de la expresión para el análisis de criticidad de la planta de producción de bioproductos en la tabla 1 se brindan los rangos de ponderaciones para cada categoría, los mismos se tomaron como rangos fijos con un mínimo de 0 hasta un máximo de 25 puntos para todas las categorías para mejorar después el trabajo al grupo de especialista que analizarán todos los activos, atendiendo también a que son un grupo de equipos relativamente grande.

El análisis de ponderaciones se realizó a través de un estudio con un conjunto de especialistas vinculado a los procesos propios del campo de investigación, no se pudo obtener información de otras plantas similares extranjeras debido a que en estos tipos de producciones no se brindan informaciones generalmente. Los valores de ponderación se tomaron como base los dados por Fuente: PDVSA E & P Occidente 2002, donde se transformó los del criterio de Frecuencia de Falla, obteniéndose del análisis de los distintos equipos, a partir de la interpolación de los criterios de falla dados por los fabricantes y el real después de analizado una data de históricos de cada equipo (ver Anexo 1).

En la tabla 1. Se exponen los rangos de ponderaciones que serán utilizados para los cálculos de

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

criticidad.

Tabla 1. Tabla de ponderaciones para el cálculo de criticidad. (4)

Ponderaciones obtenidas para los parámetros del análisis de criticidad en las plantas de bioproductos	
1. FRECUENCIA DE FALLA (Todo tipo de falla) (1 – 5)	Puntaje
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 4 por año	2
Entre 5 y 10 por año	3
Entre 11 y 22 por año	4
Más de 23 por año	5
2. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCIÓN (1 - 10)	Puntaje
No afecta la producción	1
25% de impacto	3
50% de impacto	5
75% de impacto	7
La afecta totalmente	10
3. IMPACTO AMBIENTAL (0 - 25)	Puntaje
No origina ningún impacto ambiental.	0
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta.	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta.	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad.	25
4. IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL (0 - 25)	Puntaje

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

No origina heridas ni lesiones.	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes.	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días.	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente.	25
5. Detectabilidad. (1 – 10)	Puntaje
Existencia instrumentación que brindan información sobre parámetros operacionales que permitan tomar decisiones antes de fallar.	1
Existencia instrumentación que brindan información sobre parámetros operacionales pero que no permiten tomar decisiones antes de fallar.	3
Poca instrumentación	7
Ninguna instrumentación	10

1.4.4 Modelo obtenido para el cálculo del índice de complejidad.

Categorías a evaluar en el cálculo de complejidad:

$$20 \rightarrow \text{I.C.}_{(\text{complejidad})} = \text{C.P} + \text{C.M} + \text{C.U} \quad (4)$$

- **Complejidad productiva (C.P):** Evalúa cuan complejo es el activo en su manipulación, el nivel de preparación que debe tener el operador para poder trabajar con el mismo.
- **Complejidad mecánica (C.M):** Nos brinda un indicador del grado de preparación que debe tener el personal de mantenimiento para ejecutar alguna acción sobre el equipo que se evalúa.
- **Complejidad ubicacional (C.U):** Existen áreas certificadas que su acceso es a través del transfer, con los inconvenientes que conlleva para el personal de mantenimiento cumplir con las reglamentaciones de esta acción, por lo que la atención a estos activos se hace más complicado. (4)

En la tabla 2 se brindan los rangos de ponderaciones para las categorías, al igual que en el cálculo de criticidad se tomaron rangos fijos con un mínimo de 0 ó 1 hasta un máximo de 5 puntos para todas las categorías.

Tabla 2. Tabla de ponderaciones para el cálculo de complejidad. (4)

Ponderaciones obtenidas para los parámetros del análisis de complejidad en las plantas de bioproductos	
1. Complejidad productiva	Puntaje
Poca complejidad	1
Media complejidad	3
Muy complejo	5
2. Complejidad mecánica.	Puntaje
Poca complejidad	1
Media complejidad	3
Muy complejo	5
3. Complejidad ubicacional.	Puntaje
Fuera del área certificada	0
Dentro del área certificada	3

Estos criterios de ponderación fueron expuestos en otras plantas evaluadas con personal análogo de donde se obtuvieron los criterios anteriores y de forma general se aceptaron como válidos dichos rangos.

1.5 Requisitos

RUP define un requisito como una condición o capacidad que el sistema debe cumplir, derivado directamente de las necesidades del cliente. Y UML lo define como una característica deseada, propiedad o comportamiento del sistema.

1.6 Requisitos Funcionales

Los requisitos funcionales son capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir.

1.7 Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales son propiedades o cualidades que debe tener el producto. Dichos requisitos se dividen por grupos según su clasificación, tales como usabilidad, confiabilidad, eficiencia, soporte, restricciones en el diseño, requisitos para la documentación de usuarios en línea y ayuda del sistema, interfaz, requisitos de licencia, requisitos legales de derecho de autor y estándares aplicables.

1.8 Ingeniería de requisitos.

La Ingeniería de Requisitos (IR) es una disciplina clave de la Ingeniería de Software que abarca la primera fase dentro del desarrollo de un sistema informático. Esta disciplina constituye el enlace entre las necesidades reales de los clientes, usuarios y otros participantes vinculados al sistema. La misma ayuda a los ingenieros de software a entender mejor el problema en cuya solución trabajan, facilita el mecanismo apropiado para comprender lo que desea el cliente, analizando necesidades, confirmando su viabilidad, negociando una solución razonable y especificando la solución sin ambigüedad.(5)

Dentro de la (IR) se tiene:

Las Fases de la Ingeniería de Requisitos (Inicio, Obtención, Elaboración, Negociación, Especificación, Validación y Gestión) con el fin de hacer un análisis meticuloso de los requisitos del sistema a desarrollar.

La Gestión de los requisitos: es un conjunto de actividades que ayudan al equipo de trabajo a identificar, controlar, seguir los requisitos y los cambios en cualquier momento. (5)

Dentro de las actividades que conforman la gestión de requisitos se encuentran:

La obtención de requisitos: es la etapa inicial en el proceso de adquirir todo el conocimiento relevante necesario e investigar con los clientes o involucrados como el sistema o productos se ajustan a las necesidades del negocio. Su objetivo es producir un modelo de requerimientos para entender el dominio de problema alcanzando un entendimiento efectivo del sistema.(17)

Análisis y negociación de los requisitos: es aquí donde se hacen estimaciones preliminares del esfuerzo requerido para su desarrollo y después se utilizan para evaluar el impacto de cada requisito en el costo del proyecto y sobre el tiempo de entrega.(16)

Especificación de los requisitos: es el producto de trabajo final que genera la ingeniería de requisitos.
(16)

Validación de los requisitos: es donde se evalúa la calidad de los productos derivados de la (IR), examina la especificación para asegurar que todos los requisitos de software se han establecido de manera precisa, que se hayan detectado las inconsistencias, omisiones y errores, que estos han sido corregidos y que los productos de trabajo cumplan con los estándares establecidos para el proyecto. (20)

1.9 Lenguajes de modelado.

Los lenguajes de modelado se definen como la notación (principalmente gráfica) que inicia los pasos que se deben seguir para llegar al diseño. Describe las actividades involucradas en el negocio y la manera en que se relacionan entre ellas, e interactúan con los recursos necesarios para lograr la meta del proceso; es decir describe cómo funciona el negocio.

Existen varios lenguajes que permiten representar los procesos de negocio de una empresa u organización, tales como: Método para la Modelación Funcional de procesos IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) (21), Notación de Modelado de Procesos de Negocio BPMN (Business Process Modeling Notation) (22), Lenguaje Unificado de Modelado UML (Unified Modeling Language) (23) UML dado que hoy en día es necesario contar con un plan de desarrollo bien estructurado y organizado, donde todas las personas involucradas entiendan lo y se utilizará que hará el sistema que se va a desarrollar. En este sentido, un sistema elaborado bajo el concepto UML debe ser exacto, consistente, fácil de comunicar a otros, fácil de cambiar y entendible.

Por lo anterior expuesto, la importancia y la ventaja de utilizar UML radica en que aún cuando los usuarios y clientes no conozcan de programación, serán capaces de entender los diagramas de especificaciones elaborados bajo este concepto que serán entregados a los desarrolladores. Este modelo sirve para impulsar el desarrollo del software del sistema. Si bien es cierto que el UML es un lenguaje entendible por todas las personas involucradas, entonces tanto clientes como usuarios podrán hacer modificaciones a las especificaciones presentadas hasta lograr que éstas cumplan con todas sus necesidades. Otra ventaja del UML es que el modelo describe lo que supuestamente hará un sistema, pero no dice cómo implementar dicho sistema, es decir, es independiente del lenguaje de programación utilizado. (29)

1.10 Metodologías para el Desarrollo de Software.

En nuestros días, con el avance de la tecnología, y con el objetivo de agilizar el desarrollo de software, surge la necesidad de establecer Metodologías de Desarrollo de Software que ayuden a entregar un producto de calidad en tiempo y costo estimados. Algunas de estas metodologías son las

siguientes: Extreme Programming (XP) (24), Marco de solución de Microsoft MSF (Microsoft Solution Framework) (25) y Rational Unified Process (RUP) (26), y se utilizará RUP que se caracteriza por ser un proceso dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura y por ser iterativo e incremental. Permite el desarrollo de software a gran escala, mediante un proceso continuo de pruebas y retroalimentación, garantizando el cumplimiento de ciertos estándares de calidad. Aunque con el inconveniente de generar mayor complejidad en los controles de administración del mismo. Sin embargo, los beneficios obtenidos recompensan el esfuerzo invertido en este aspecto. El proceso de desarrollo constituye un marco metodológico que define en términos de metas estratégicas, objetivos, actividades y artefactos (documentación) requerido en cada fase de desarrollo. Esto permite enfocar esfuerzo de los recursos humanos en términos de habilidades, competencias y capacidades a asumir roles específicos con responsabilidades bien definidas.

Presenta además otras ventajas tales como:

- Mitigación temprana de posibles riesgos altos.
- Progreso visible en las etapas tempranas.
- El conocimiento adquirido en una iteración puede aplicarse de iteración a iteración.
- Los usuarios están involucrados continuamente.

1.11 Herramientas de desarrollo de software.

Las Herramientas de Ingeniería de Software Asistidas por Computadoras (Computer-Aided Software Engineering, CASE) son diferentes tipos de programas que se utilizan para ayudar a las actividades del proceso del software, como el análisis de requisitos, el modelado de sistemas, la depuración y las pruebas. Cuanto más grande es un proyecto, más importante es utilizar una herramienta CASE.

“A medida que los sistemas se construyen hoy en día son más y más complejos, las herramientas CASE para UML ofrecen muchos beneficios para aquellos involucrados con un proyecto. Estas herramientas nos permiten aplicar la metodología formal orientada a objetos y abstraerla del código a un nivel donde el diseño y la arquitectura sean más fáciles de entender y modificar”. (27)

Algunas de las herramientas de desarrollo de software son las siguientes: Rational Rose, Enterprise Architect (EA) y Visual Paradigm for UML 6.0 Enterprise Edition y se utilizará Visual Paradigm. La decisión está basada en que es una herramienta profesional que apoya el ciclo vital completo del desarrollo, con entorno de creación de diagramas para UML 2.0 para modelar la representación visual y la generación del código. Es utilizado para el análisis y diseño orientado a objeto, construcción,

pruebas y despliegue. (27)

La misma permite el desarrollo de distintos tipos de diagramas, cada uno de los cuales representa el sistema a especificar, analizar o diseñar desde distintas perspectivas. Esta herramienta tiene la ventaja de ser multiplataforma, soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de software. Permite dibujar todos los tipos de diagramas de clases, generar código desde diagramas, documentar con mayor exactitud todo el trabajo, realizar un diseño centrado en casos de uso y enfocado al negocio, modelar el sistema evidenciándose en los modelos de análisis y diseño que se presenta, permitiendo obtener exitosos resultados.

1.12 Prototipo de interfaz de usuario para la validación de los requisitos.

Los prototipos son un método de validación ampliamente utilizado en muchas disciplinas, y en todos los casos, los principios subyacentes son los mismos: los mimos consisten en la creación de una maqueta o versión del producto final. Los objetivos de los prototipos varían en función de la disciplina. En el caso de la actividad de requisitos, los prototipos se utilizan, fundamentalmente, para comprobar la corrección y completitud de la especificación de requisitos.

Existen varios tipos de prototipos, cada uno de los cuales permite la realización de un tipo determinado de pruebas y con un determinado nivel de realismo. En ingeniería de requisitos, los prototipos más comunes son los siguientes:

- **Mock-ups:** Se trata de pantallas, típicamente dibujadas a mano en papel, que representan un aspecto concreto del sistema. El soporte que proporcionan a la validación es muy limitado, con la excepción, quizás, de aclarar el interfaz gráfico deseado en casos complejos.
- **Storyboards:** Son una evolución de los mock-ups, ya que además de interfaz, se muestra la secuencia de acciones, o escenarios, que se deben realizar con el programa. Por ejemplo: es habitual que, antes de cerrar un programa, se pregunte si se desea cerrar el fichero de trabajo.
- **Maquetas:** Una maqueta es una versión simplificada del sistema de software deseado. Típicamente, una maqueta representa únicamente la interfaz del sistema y opcionalmente las conexiones entre pantallas mediante la utilización de elementos activos como los botones. Si fuera necesaria mayor fidelidad, podrían codificarse partes del sistema, de tal modo que además, de interfaz, el software pudiera ofrecer algunos resultados reales. Ello es lo que se conoce como “prototipo funcional”. Cuando se habla de prototipos, habitualmente se quiere decir “maquetas”.

Dependiendo del tipo de prototipo utilizado (mock-up, storyboard, maqueta, etc.), el analista deberá orientar al usuario acerca de la diferencia entre el producto final y el prototipo (de tal modo que el

usuario no se muestre descontento). Asimismo, el analista deberá paliar las carencias del prototipo, proporcionando al usuario la información que el prototipo no ofrezca y que el usuario necesite.

Para validar los requisitos a través de prototipos, es necesario realizar adicionalmente las tareas indicadas en la siguiente figura:

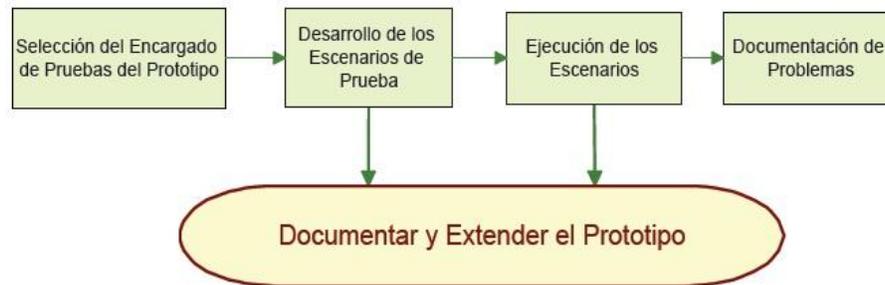


Figura 3. Prototipo en el proceso de validación de requisitos.

1.13 Selección de la herramienta de prototipado no funcional Axure.

Axure una de las principales herramientas para crear de manera muy sencilla prototipos no funcionales.

Características:

- Facilidad de uso.
- Brinda la posibilidad de generar prototipos funcionales.
- Brinda la posibilidad de generar las especificaciones personalizable control de versión

Beneficios:

- Diseño eficiente.
- Diseño temprano para probar ideas de experiencia.
- Participan las partes interesadas para recopilar información valiosa.
- Automatiza las especificaciones evitando documentación tediosa.
- Permiten la colaboración en el diseño.
- Permite lograr interacciones más realistas.
- Implica una forma de trabajo más planificada.

1.14 Conclusiones parciales.

En este capítulo se ha realizado un estudio para definir el estado del arte en el que se enmarca la

Capítulo 1: Fundamentación Teórica

investigación, gracias al cual se mostraron algunas de las herramientas empleadas hoy en día para determinar la criticidad de determinados modelos. Entre las seleccionadas se encuentra el sistema SCIA, desarrollado en el CEDIN pero que carece de mecanismos cuantitativos necesarios para el modelo definido por CEIM, por lo cual se decide no emplearlo en la solución del problema identificado.

Dada la necesidad creciente de conocer que debía hacer el sistema, fue aplicada la Ingeniería de Requisitos, que unido a la selección de RUP como metodología, y Axure como herramienta para la creación de prototipos no funcionales garantizará la convergencia de la investigación hacia su objetivo general.

CAPÍTULO 2

Solución Propuesta.

En el presente capítulo se realiza la propuesta de solución del problema planteado, siguiendo como guía la metodología de desarrollo de software RUP, con el fin de obtener un mejor entendimiento del negocio se hace el modelado de procesos con el Lenguaje Unificado de Modelado UML. Para lograr que los requisitos de software fueran consistentes, completos, y que tuvieran la calidad requerida, se aplican las etapas Identificación, Análisis y Negociación de la Ingeniería de Requisitos. Luego se presentan las especificaciones de los requisitos de software, el diagrama de casos de uso del sistema (DCUS) y la descripción de algunos casos de uso críticos.

2.1. Requisitos Funcionales

En el modelo de análisis de la criticidad para Plantas de Producción de Productos Biológicos se detectaron varios requisitos funcionales, los cuales se describen a continuación: (Ver Anexo 2)

Tabla 4 Tabla correspondiente al requisito funcional número 1 Determinar el índice de criticidad.

<i>Nº</i>	<i>Nombre</i>		<i>Descripción</i>	<i>Complejidad para cliente</i>	<i>Prioridad</i>
<i>RF1</i>	Determinar el índice de Criticidad.	RF1.1: Frecuencia de Fallas	El sistema debe ser capaz de buscar en la BD la frecuencia de fallas y en caso que no se encuentre dicho valor en la BD, debe darle la posibilidad al usuario seleccionar una frecuencia de falla de la lista mostrada.	<i>Alta</i>	<i>Alta</i>

Capítulo 2: Solución Propuesta

		RF1.2: Severidad	El sistema debe ser capaz de darle la posibilidad al usuario de seleccionar el impacto en la salud y la seguridad personal, el impacto productivo y el impacto ambiental, para obtener el valor de la severidad.	Alta	Media
		RF1.3: Defectibilidad	El sistema debe ser capaz de darle la posibilidad al usuario seleccionar una detectabilidad de la lista mostrada.	Alta	Media
Prototipo					
					
Índice de Criticidad					
Activos	Inicio	Frecuencia de Fallas	Detectabilidad	Severidad	
Zaranda(Lab)					
Fermentadores de inoculo(Lab)					
Fermentadores de producción(Prod)					
Tanques(Prod)					
Bombas de trasiego(Prod)					
Tanques(Recobrado)					
Centrífuga de discos(Recobrado)					
Centrífuga de alta resolución(Recobrado)					
Bombas de trasiego.Centrif. (Recobrado)					
Secador(Terminación)					

Tabla 5 Tabla correspondiente al requisito funcional número 2 Determinar el índice de complejidad.

Nº	Nombre	Descripción	Compl	Prioridad
			ejidad	para

Capítulo 2: Solución Propuesta

					cliente
RF2	Determinar el Índice de Complejidad	RF2.1: Complejidad de Productiva (CP)	El sistema debe ser capaz de darle la posibilidad al usuario seleccionar una complejidad productiva de la lista mostrada.	Alta	Alta
		RF2.2: Complejidad Mecánica (CM)	El sistema debe ser capaz de darle la posibilidad al usuario seleccionar una complejidad mecánica de la lista mostrada.	Alta	Media
		RF2.3: Complejidad Ubicacional (CU)	El sistema debe ser capaz de darle la posibilidad al usuario seleccionar una complejidad ubicacional de la lista mostrada.	Alta	Media

Prototipo

SISTEMA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL
OFRECEMOS MÁS CONFIANZA.

Índice de Complejidad

Activos Inicio

Zaranda(Lab)
 Fermentadores de inoculo(Lab)
 Fermentadores de producción(Prod)
 Tanques(Prod)
 Bombas de trasiego(Prod)
 Tanques(Recobrado)
 Centrifuga de discos(Recobrado)
 Centrifuga de alta resolución(Recobrado)
 Bombas de trasiego.Centrif.(Recobrado)
 Secador(Terminación)
 Tanques(Mat.Primas)
 Reactores(Mat.Primas)
 Bombas centrifuga(Mat.Primas)

Complejidad Mecánica
 Poca complejidad Media complejidad Muy complejo

Complejidad Productiva
 Poca complejidad Media complejidad Muy complejo

Complejidad Ubicacional
 Fuera del área certificada Dentro del área certificada

Aceptar Cancelar

Tabla 6 Tabla correspondiente al requisito funcional número 12 Generar Reportes.

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
----	--------	-------------	-------------	------------------------

RF12	Generar Reportes	El sistema debe ser capaz de generar reportes individualmente para el cálculo del índice de criticidad y para el cálculo del índice de complejidad, en caso que desee obtener ambos resultados en el mismo reporte el sistema le debe dar la posibilidad de seleccionar el botón reporte general.	Alta	Alta
		Prototipo		
				
Generar Reportes				
Activos	Inicio	Reporte para el Índice de Criticidad	Reporte para el Índice de Complejidad	
Zaranda(Lab)				
Fermentadores de inoculo(Lab)				
Fermentadores de producción(Prod)				
Tanques(Prod)				
Bombas de trasiego(Prod)				
Tanques(Recobrado)				
Centrifuga de discos(Recobrado)				
Centrifuga de alta resolución(Recobrado)				
Bombas de trasiego.Centrif.(Recobrado)				
Secador(Terminación)				
Tanques(Mat.Primas)				

2.2. Requisitos no funcionales

En el modelo de análisis de la criticidad para Plantas de Producción de Productos Biológicos se detectaron varios requisitos no funcionales. Dichos requisitos se han dividido por grupos según su clasificación, tales como usabilidad, confiabilidad, eficiencia, soporte, restricciones en el diseño, requisitos para la documentación de usuarios en línea y ayuda del sistema, interfaz, requisitos de licencia, requisitos legales de derecho de autor y estándares aplicables.

2.2.1. Usabilidad

RNF1: Agrupar vínculos y botones por grupos funcionales.

RNF2: Los mensajes, títulos y demás textos que aparezcan en la interfaz del sistema deben aparecer en idioma español.

RNF3: Utilizar campos de selección en la interfaz en los casos que sea posible.

RNF4: El sistema debe poseer ayuda en Línea, para guiar en el uso de la interfaz además debe incluir documentación, manuales de confiabilidad operacional, según estándares que se apliquen.

RNF5: El sistema debe poseer una ventana donde se muestre la explicación paso a paso de las operaciones que debe realizar el usuario correspondiente a las diferentes áreas de trabajo.

RNF6: El sistema debe permitir el uso del teclado para realizar operaciones. (Permitir acceso rápido al sistema usando el teclado).

RNF7: El sistema estará desarrollado en una plataforma web la cual permitirá al usuario poder tener acceso a la aplicación desde cualquier navegador con la facilidad de no tener que instalar la aplicación en cada puesto de trabajo.

RNF8: Prever contingencias para eventos de caída del sistema. El sistema deberá prever contingencias que pueden afectar la prestación estable y permanente del servicio.

2.2.2. Eficiencia

RNF9: El tiempo de respuesta por transacción debe ser de 5 a 10 segundos para operaciones de nivel bajo, sin embargo para niveles complejos tiempo máximo debe ser de 1 minuto.

RNF10: El sistema debe estar en capacidad de dar respuesta al acceso de todos los usuarios definidos en el sistema con tiempo de respuesta aceptable y uniforme, en la medida de las posibilidades tecnológicas, en períodos de alta, media y baja demanda del uso del sistema.

2.2.3. Seguridad

RNF11: El sistema deberá permitir la transmisión por canales cifrados cuando se trate de información confidencial, de manera que no viaje en texto plano por la red.

RNF12: El sistema deberá almacenar de manera cifrada las claves de los usuarios en la base de datos.

RNF13: Se debe realizar un registro de cada una de las acciones que realiza un usuario en el sistema de manera que se tenga la fecha y hora en que se realizó una determinada operación y quién la

realizó.

RNF14: Se debe crear una jerarquía de usuarios, los cuales deben ser manejados por administradores de cada uno de los niveles.

RNF15: Los roles serán creados por un administrador central y se podrán asignar a determinadas entidades de manera que los administradores de dichas entidades solo puedan crear usuario con dichos roles.

RNF16: Para acceder al sistema cada usuario debe ser autenticado, de manera que se pueda determinar si tiene acceso al mismo.

RNF17: El sistema debe permitir identificar las autenticaciones que puedan ser realizadas por programas con el objetivo de forzar la entrada al sistema.

2.2.4. Confiabilidad

RNF18: El sistema garantiza el acceso a la modificación solo a usuarios autorizados.

RNF19: El sistema debe ser capaz de garantizar la integridad del material almacenado. El material almacenado será toda aquella información de vital importancia para el desarrollo de la aplicación tanto en su desarrollo como en su posterior aplicación.

RNF20: El sistema debe estar disponible las 24 horas del día.

RNF21: El sistema debe detectar algún fallo en las conexiones o en la alimentación de corriente de los dispositivos.

2.2.5. Portabilidad

RNF22: El sistema deberá ser compatible con los navegadores:

Microsoft Internet Explorer 6.0 o superior

Mozilla Firefox 2.0 o superior

RNF23: El sistema deberá estar orientado a que las actualizaciones sólo se hagan en el sitio del servidor, de tal manera que no sea necesario actualizar todos y cada uno de los clientes que acceden a la información del sistema.

2.2.6. Soporte

RNF24: El sistema debe estar bien documentado de forma tal que el tiempo de mantenimiento sea mínimo en caso de necesitarse.

2.2.7. Restricciones de diseño

RNF25: El sistema debe ser multiplataforma. El mismo debe ejecutarse en diversas plataformas de hardware y software, debe ser portable a varios sistemas operativos (Nova, Ubuntu 10.04, Debian y Windows XP en adelante). (Implementación)

RNF26: El sistema debe generar reportes en tres tipos diferentes:

Tabular, Matricial y Forma libre.

RNF27: El sistema debe ser fácil de desplegar y de bajo costo.

RNF28: El sistema debe utilizar los lenguajes de programación: Java Development Toolkit (JDT), Eclipse 3.5.0.

RNF29: El sistema debe utilizar el Framework de desarrollo: Grails 1.3.5.

RNF30: El sistema de utilizar el lenguaje de marcado: HTML, XHTML.

RNF31: El sistema debe utilizar la Tecnología de servidores de Aplicaciones: Apache Tomcat.

RNF32: El sistema de ser basado en la arquitectura Cliente-Servidor.

RNF33: El sistema de utilizará como gestor de base de datos PostgreSQL en su versión 9.1.

2.2.8. Requisitos para la documentación de usuarios en línea y ayuda del sistema.

RNF34: El sistema contará con un Manual de Usuario, preguntas frecuentes y la Ayuda de configuración del Sistema permitiendo solucionar dudas en su uso.

2.2.9. Interfaz

(Interfaces de usuario)

RNF35: El sistema debe tener interfaces gráficas amigables.

(Hardware)

RNF36: Tener un mínimo PC Pentium 4, 2.4 GHz, 512 MB de memoria RAM.

RNF37: Interfaces con otro Hardware. El sistema deberá mantener interfaces con el siguiente dispositivo de hardware: Impresora.

(Software)

RNF38: El sistema requiere dos escenarios de despliegue. Los sistemas operativos que funcionarán en dichas estaciones de trabajo son los siguientes:

Para estaciones de trabajo: Nova, Ubuntu 10.04, Debian, Windows XP en adelante.

Para servidores: Nova, Ubuntu 10.04, Debian.

2.2.10. Requisitos de Licencia

RNF39: El sistema debe cumplir con los lineamientos necesarios para la producción de software libre y la comunidad de desarrollo y soporte, manteniendo la confidencialidad y las operaciones de la institución, ya que es la política de la universidad.

2.2.11. Requisitos Legales, de Derecho de Autor y otros

RNF40: Los requisitos legales, de derecho de autor y otros se establecen a través del Centro de Informática Industrial (CEDIN) y el Centro de estudios de ingeniería de mantenimiento (CEIM) de la CUJAE.

2.2.12. Estándares Aplicables

RNF41: Los estándares de calidad utilizados durante el desarrollo de la aplicación serán los establecidos por el Centro Nacional de Calidad de Software (Calisoft). Los mismos serán conciliados entre las partes durante la preparación de las pruebas.

2.3. Descripción de los actores del sistema

Tabla 18 Tabla correspondiente a la descripción del actor del sistema Ingeniero de Criticidad.

Actor	Objetivo
Ingeniero de Criticidad	El ingeniero de criticidad es el encargado de interactuar con la aplicación, el mismo es quien va a realizar el cálculo del índice de criticidad y el cálculo del índice de complejidad, para esto

debe obtener varios resultados correspondientes a la frecuencia de fallas, detectabilidad, severidad, impacto en la salud y en la seguridad personal, impacto ambiental, impacto sobre la producción, complejidad ubicacional, complejidad mecánica y complejidad productiva, también podrá generar reporte del índice de la criticidad obtenido, del índice de la complejidad y un reporte generar que va a incluir ambos valores calculados y en caso que desee exportará en PDF los reportes que desee.

2.4. Diagrama de casos de uso del sistema.

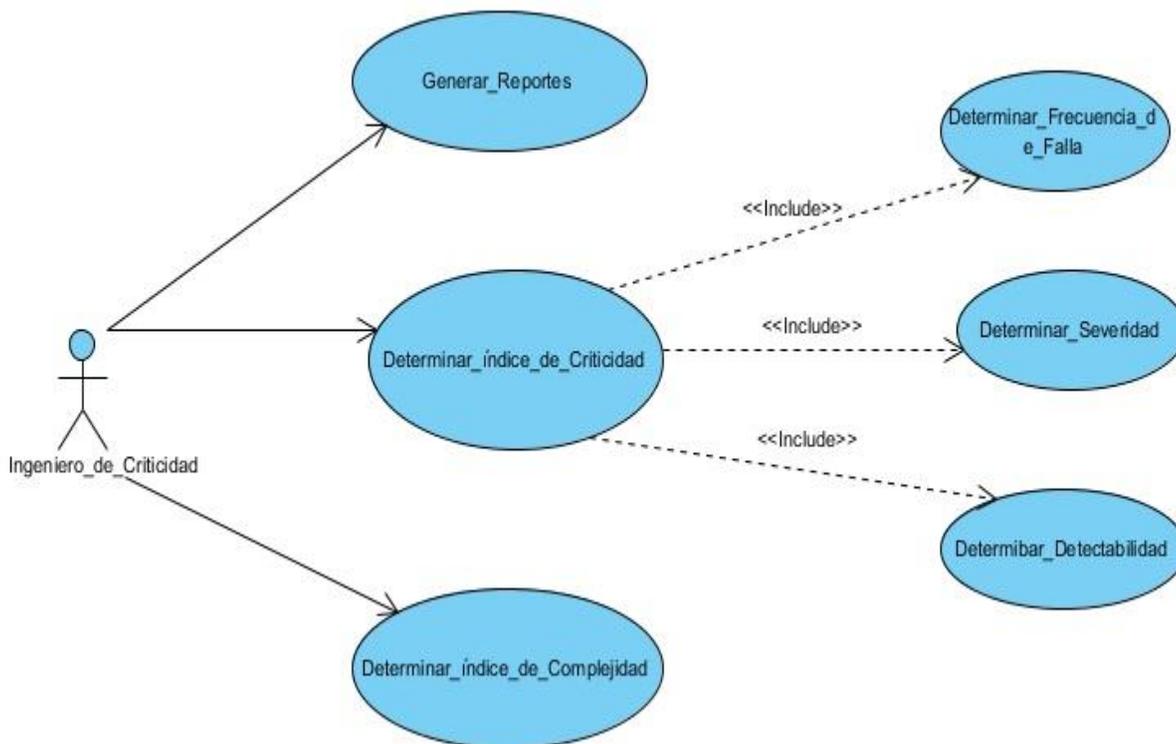


Figura 4: Diagrama de casos de uso del sistema del modelo plantas de bioproductos.

2.4.1. Descripción de los casos de uso del sistema

Con el objetivo de lograr un mayor entendimiento del sistema se realiza la especificación de casos de uso mediante una descripción textual. Se identificaron varios casos de uso para el modelo de análisis de la criticidad para Plantas de Producción de Productos Biológicos, todos de prioridad crítica. (Ver Anexo 3)

Tabla 19 Tabla correspondiente a la descripción del caso de uso número 1 Determinar el índice de criticidad.

Objetivo	El objetivo del caso de uso es determinar el valor del índice de criticidad.	
Actores	Ingeniero de Criticidad	
Resumen	Este caso de uso se inicia cuando el ingeniero de criticidad decide determinar el valor del índice de criticidad a partir de la frecuencia de fallas, la detectabilidad y la severidad.	
Complejidad	Alta	
Prioridad	Crítico	
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ●El ingeniero de criticidad debe haberse autenticado. ●El ingeniero de criticidad debe encontrarse dentro del módulo de criticidad. 	
Postcondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ●Se obtiene el valor del índice de criticidad. 	
Flujo de eventos		
Flujo básico Determinar el Índice de Criticidad		
	Actor	Sistema
	1. Presiona el botón “índice de criticidad”.	2. Muestra la interfaz del índice de criticidad con 4 botones correspondientes a: <ul style="list-style-type: none"> ● Inicio ● Frecuencia de fallas.

Capítulo 2: Solución Propuesta

		<ul style="list-style-type: none"> ● Detectabilidad. ● Severidad. <p>Se muestran los botones Aceptar y Cancelar.</p>
	3. Selecciona el botón Frecuencia de fallas.	4. Se ejecuta el CU "Cálculo de la Frecuencia de Fallas".
	5. Selecciona el botón Detectabilidad.	6. Se ejecuta el CU "Cálculo de la Detectabilidad".
	7. Selecciona el botón Severidad.	8. Se ejecuta el CU "Cálculo de la Severidad".
	9. Presiona el botón "Aceptar" (Alternativo 1).	10. Muestra el valor del índice de criticidad. Se muestran los botones Guardar y Cancelar.
	11. Selecciona la opción Guardar (Alternativo 2).	Muestra un mensaje de confirmación "Esta seguro que desea guardar los datos" 12. Guarda los datos. 13. Cierra el formulario. 14. Finaliza el caso de uso.

Flujos alternos

Alternativo 1 Selecciona la opción Cancelar en el formulario principal del índice de criticidad.

Actor	Sistema
9. Selecciona la opción Cancelar.	10. Cierra el formulario principal.
11. Ir al paso 1 del flujo básico Determinar el índice de criticidad.	

Alternativo 1 Selecciona la opción inicio en el formulario principal del índice de criticidad.

Actor	Sistema
9. Selecciona la opción inicio.	10. Regresa al formulario principal "Módulo de criticidad"

Capítulo 2: Solución Propuesta

Alternativo 2 Selecciona la opción Cancelar en el mensaje de confirmación.		
Actor	Sistema	
11. Selecciona la opción Cancelar.	12. No Guarda los datos. 13. Cierra el formulario.	
Relaciones	CU	Frecuencia de Fallas. <u>Ver CU Determinar la Frecuencia de</u>
	Incluidos	<u>Fallas.</u> Detectabilidad. <u>Ver CU Determinar la Detectabilidad.</u> Severidad. <u>Ver CU Determinar la Severidad.</u>

Tabla 20 Tabla correspondiente a la descripción del caso de uso número 2 Determinar el índice de complejidad.

Objetivo	El objetivo del caso de uso es determinar el valor del índice de complejidad.	
Actores	Ingeniero de criticidad.	
Resumen	Este caso de uso se inicia cuando el ingeniero de criticidad decide determinar el valor del índice de complejidad a través de la Complejidad Productiva, Complejidad Mecánica y Complejidad Ubicacional.	
Complejidad	Alta	
Prioridad	Crítico	
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ● El ingeniero de criticidad debe haberse autenticado. ● El ingeniero de criticidad debe encontrarse dentro del módulo de criticidad. 	
Postcondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Se obtiene el valor del índice de complejidad. 	
Flujo de eventos		
Flujo básico Determinar el Índice de Complejidad		
	Actor	Sistema
	1. Presiona el botón "índice de complejidad".	2. Muestra una interfaz con 4 bloques correspondientes a:

Capítulo 2: Solución Propuesta

		<ul style="list-style-type: none"> ● Inicio ● Complejidad Productiva. ● Complejidad Mecánica. ● Complejidad Ubicacional. <p>Se muestran los botones Aceptar y Cancelar.</p>
	<p>3. Selecciona una “Complejidad Productiva” de las siguientes complejidades productivas mostradas por el sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Poca complejidad ● Media complejidad ● Muy complejo 	
	<p>4. Selecciona una “Complejidad Mecánica” de las siguientes complejidades mecánicas mostradas por el sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Poca complejidad ● Media complejidad ● Muy complejo 	
	<p>5. Selecciona una “Complejidad Ubicacional” de las siguientes complejidades mecánicas mostradas por el sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Fuera del área certificada ● Dentro del área certificada <p>6. Presiona el botón Aceptar (Alternativo 1).</p>	<p>7. Muestra el valor del índice de complejidad.</p> <p>Se muestran los botones Guardar y Cancelar.</p>
	<p>8. Selecciona la opción Guardar (Alternativo 2).</p>	<p>Muestra un mensaje de confirmación “Esta seguro que desea guardar los datos”</p> <p>9. Guarda los datos.</p> <p>10. Cierra el formulario.</p> <p>11. Finaliza el caso de uso.</p>
Flujos alternos		

Capítulo 2: Solución Propuesta

Alternativo 1: El usuario selecciona la opción Cancelar del formulario principal del índice de complejidad.		
	Actor	Sistema
	6. Selecciona la opción Cancelar.	7. Cierra el formulario.
	8. Ir al paso 1 del flujo básico Determinar el índice de complejidad.	
Alternativo 1: El usuario selecciona la opción inicio del formulario principal del índice de complejidad.		
	Actor	Sistema
	6. Selecciona la opción Inicio.	7. Regresa al formulario principal "Módulo de criticidad".
Alternativo 2: El usuario selecciona la opción Cancelar del mensaje de confirmación.		
	Actor	Sistema
	8. Selecciona la opción Cancelar	9. No guarda los datos. 10. Cierra el formulario.
Relaciones	CU Incluidos	Complejidad Productiva. <u>Ver CU Determinar la Complejidad Productiva.</u> Complejidad Mecánica. <u>Ver CU Determinar la Complejidad Mecánica.</u> Complejidad Ubicacional. Ver CU Determinar la Complejidad Ubicacional.

Tabla 21 Tabla correspondiente a la descripción del caso de uso número 6 Generar Reportes.

Objetivo	El objetivo del caso de uso es generar reportes.
Actores	Ingeniero de Criticidad.
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el ingeniero de criticidad desea generar reporte correspondiente al índice de criticidad y índice de complejidad donde el sistema le debe dar la posibilidad al usuario de generar uno de los dos reportes o ambos reportes tal y como el usuario lo desee.

Capítulo 2: Solución Propuesta

Complejidad	Alta	
Prioridad	Crítico	
Precondiciones	●El ingeniero de criticidad debe haberse autenticado.	
Postcondiciones	●Se obtiene un reporte con el valor de la criticidad o con el valor de la complejidad o ambos valores.	
Flujo de eventos		
Flujo básico Genera Reportes		
	Actor	Sistema
	1. El actor presiona el botón "Generar Reportes".	2. Muestra 3 botones correspondientes a: <ul style="list-style-type: none"> ● Inicio ● Reporte para el índice de criticidad. ● Reporte para el índice de complejidad.
	3. Selecciona el botón reporte para el índice de criticidad (Alternativo 1).	4. Genera el reporte para el cálculo del índice de la criticidad. Se muestra el botón exportar en PDF.
	5. Presiona el botón Exportar en PDF (Alternativo 2).	6. Exporta en PDF el reporte Seleccionado.
Flujos alternos		
Alternativo 1 Seleccionar el botón reporte para el índice de complejidad.		
	Actor	Sistema
	3. Selecciona el botón reporte para el índice de complejidad.	4. Genera el reporte para el cálculo del índice de la complejidad. Se muestra el botón exportar en PDF.
	5. Ir al paso 5 del flujo básico Generar Reportes	

Alternativo 1 Seleccionar el inicio		
	3. Selecciona el inicio.	4. Regresa a la página principal” Módulo de criticidad”.
Alternativo 2 No presiona el botón Exportar en PDF.		
	5. Selecciona el botón inicio.	6. Regresa a la página principal” Módulo de criticidad”.
Relaciones	CU Extendidos	Exportar en PDF. <u>Ver CU Exportar en PDF.</u>

2.5. Diagrama de Colaboración.

Un diagrama de colaboración es una forma de representar interacción entre objetos. (Ver Anexo 4)

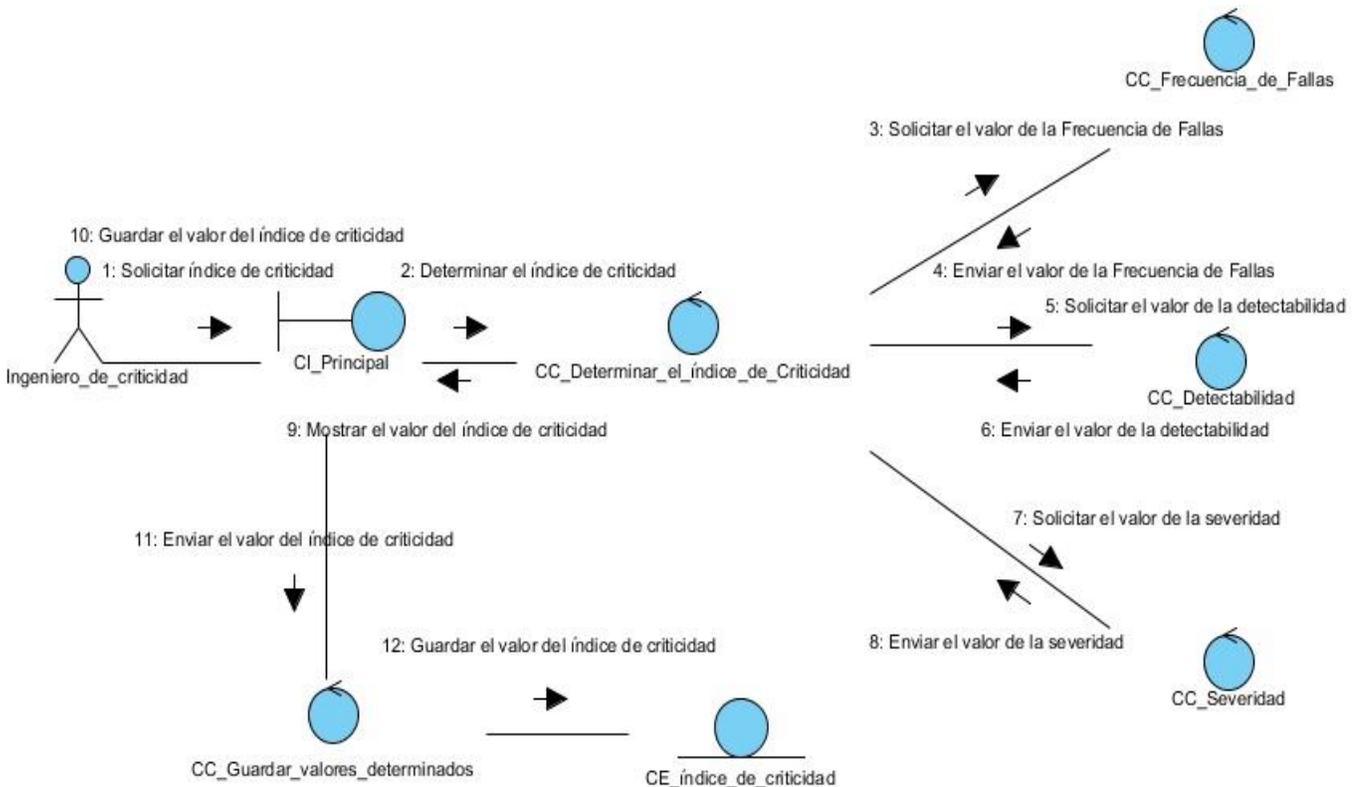


Figura 5: Diagrama de colaboración para el cálculo del índice de criticidad.

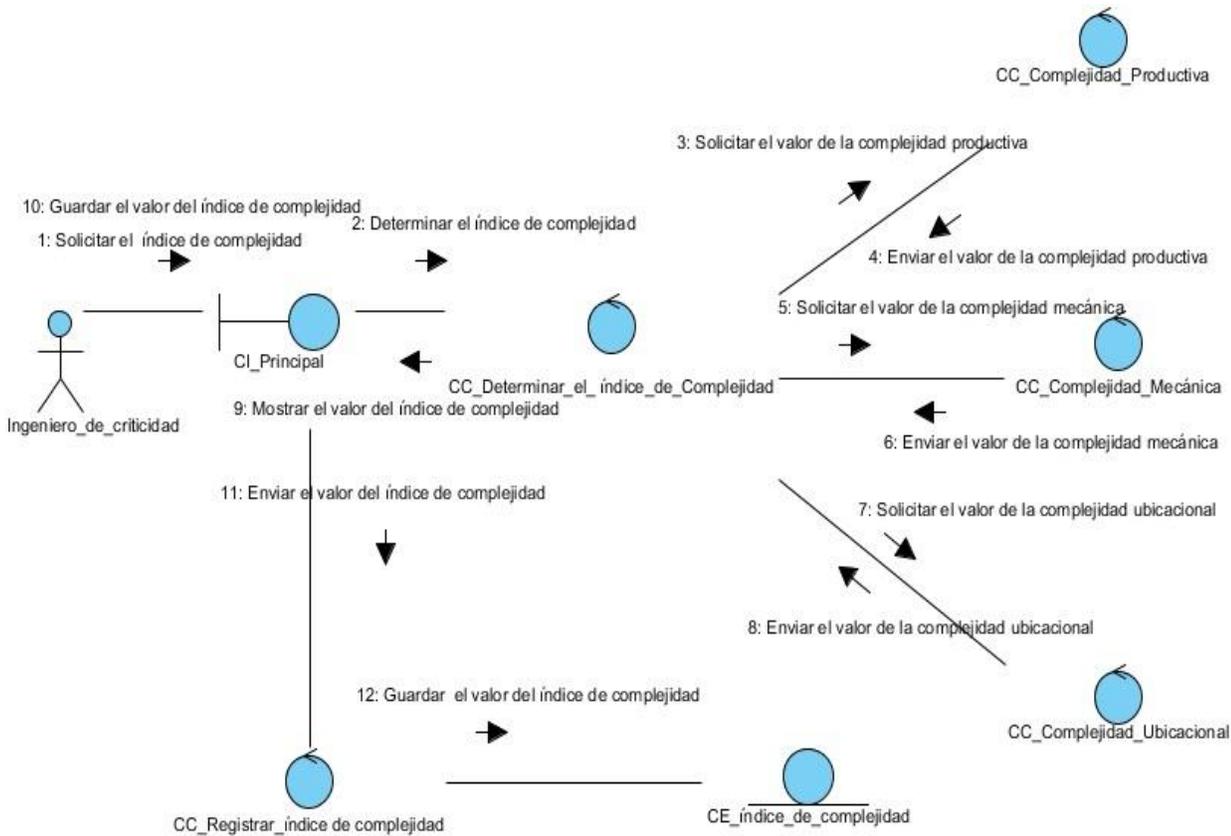


Figura 6: Diagrama de colaboración para el cálculo del índice de complejidad.

2.6. Conclusiones parciales

En este capítulo se puede concluir que:

Para captar las necesidades de los clientes fueron útiles las siguientes técnicas: Entrevista, Tormenta de ideas y Desarrollo conjunto de aplicaciones (JAD), siendo éstas un lenguaje común para la relación entre los clientes y el equipo de trabajo. Al aplicar las etapas de la Ingeniería de Requisitos, Obtención, Análisis, Especificación se lograron requisitos consistentes. Los que garantizarán mayor exactitud en el proceso de desarrollo del software a la hora de ser implementados. La elaboración de diagramas y modelos con la herramienta Visual Paradigm, RUP como metodología y el lenguaje UML, facilita la comunicación entre desarrolladores y clientes. El diagrama de casos de uso quedó

Capítulo 2: Solución Propuesta

con una estructura aceptable, debido a la utilización de varios patrones para su realización, los cuales fueron utilizados de forma correcta garantizando mayor entendimiento del sistema.

CAPÍTULO 3

Análisis de los Resultados.

En este capítulo se validarán los resultados. Se utilizará un prototipo de interfaz de usuario no funcional para validar los requisitos, este servirá como guía visual al programador mostrándole explícitamente cómo debe quedar la interfaz de la aplicación. Para medir el grado de satisfacción del cliente en cuanto al levantamiento de requisitos se tendrá una carta de validación firmada por el cliente en la que queda plasmado su grado de satisfacción.

3.1. Prototipo no funcional

Los prototipos son un método de validación ampliamente utilizado, los mismos consisten en la creación de una maqueta o versión del producto final y su objetivo varía en función de la disciplina, por ejemplo en caso de la actividad de requisitos, los prototipos se utilizan fundamentalmente para comprobar la corrección y completitud de la especificación de requisitos.

El objetivo de realizar un prototipo no funcional es mostrar una secuencia de acciones, o escenarios, que se deben realizar en un programa. La idea de realizar un prototipo no funcional a partir del desarrollo de los casos de usos es comprobar la corrección y completitud de la especificación de requisitos y ofrecer al programador una ayuda visual de cómo quedará diseñada la interfaz de la aplicación a desarrollar. La validación finalizará cuando el cliente acepte el prototipo, mostrando un grado de satisfacción, confirmando que está de acuerdo con el prototipado que se le ha mostrado. Además la realización del prototipo permitirá al desarrollador entender mejor lo que se debe hacer y de esta forma el cliente pueda ver resultados a corto plazo. La realización de estas actividades en este momento pretende evitar los altos costos que significaría el tener que corregir errores una vez avanzado el desarrollo.

En el proyecto "*Desarrollo de Aplicaciones Informáticas para la Ingeniería en Mantenimiento*" surge la necesidad de informatizar el módulo de criticidad del modelo Plantas de producción de Bioproductos donde en el mismo se realizará el cálculo para el índice de criticidad y el de complejidad como se muestra

en la figura 11. También el mismo le mostrará al cliente como quedarán las demás interfaces relacionadas con dichos índices a determinar. Se consideró viable el uso de la técnica de prototipado para que el cliente pudiera validar dichos requisitos sin necesidad de leerse una gran cantidad de información técnica, por lo que se decide emprender la confección del prototipo de interfaz no funcional en el que se basaría la validación de requisitos (Ver Anexo 5).

Se le presentó al cliente el prototipo no funcional para que emitiera su valoración en cuanto al cumplimiento o no de sus expectativas.

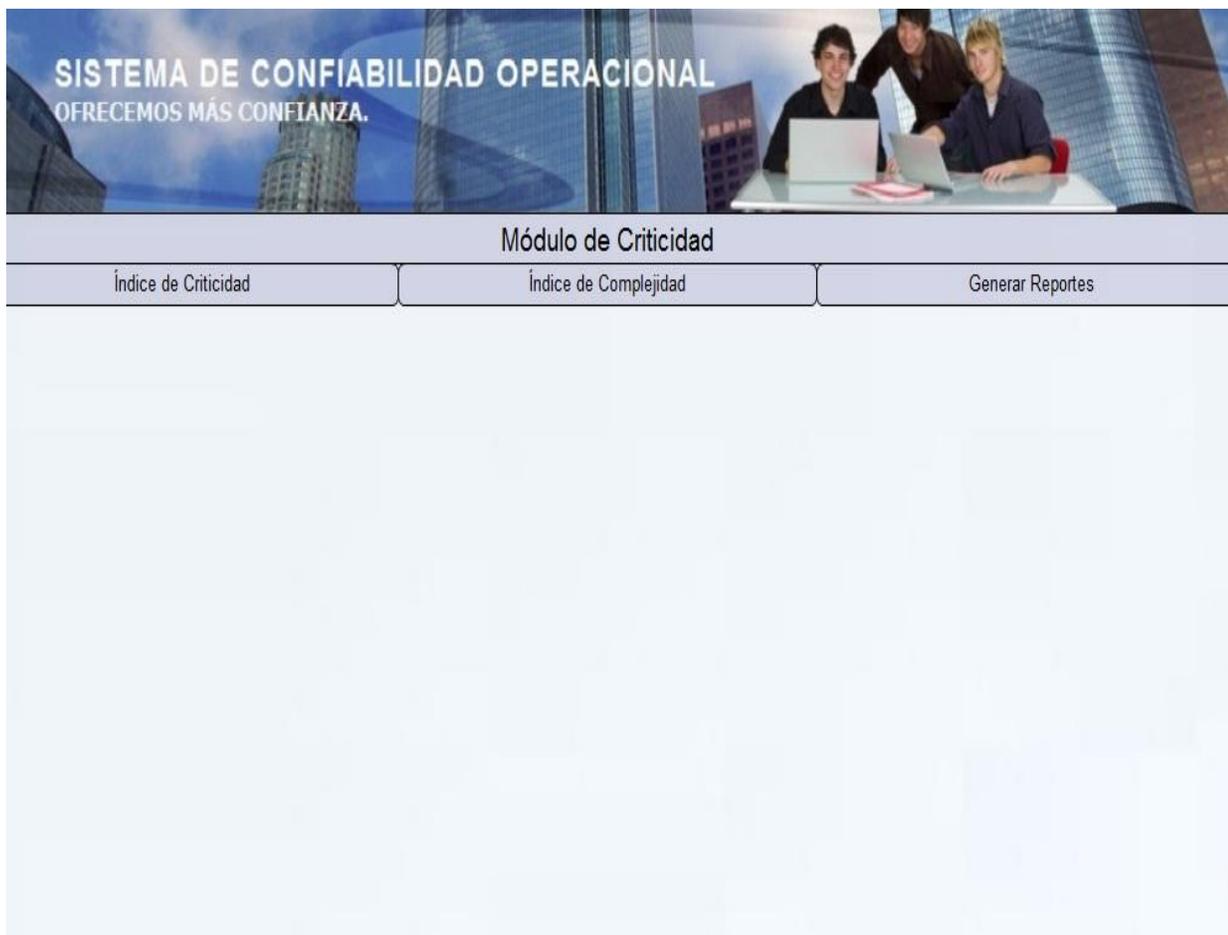


Figura 7: Módulo de Criticidad para el modelo plantas de producción de bioproductos.

SISTEMA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL
OFRECEMOS MÁS CONFIANZA.

Índice de Criticidad

Activos	Inicio	Frecuencia de Fallas	Detectabilidad	Severidad
Zaranda(Lab)				
Fermentadores de inculo(Lab)				
Fermentadores de producción(Prod)				
Tanques(Prod)				
Bombas de trasiego(Prod)				
Tanques(Recobrado)				
Centrifuga de discos(Recobrado)				
Centrifuga de alta resolución(Recobrado)				
Bombas de trasiego.Centrif. (Recobrado)				
Secador(Terminación)				

Figura 8: Determinar el Índice de Criticidad para el modelo plantas de producción de bioproductos.



Figura 9: Determinar el Índice de Complejidad para el modelo plantas de producción de bioproductos.

3.2. Carta de Validación

12 de Junio el 2012
Año 54 de a Revolución

Constancia de validación

Yo: MSc. Ing. Armando Díaz Concepción, jefe del proyecto "*Desarrollo de aplicaciones informáticas para la ingeniería de mantenimiento*" de profesión ingeniero Mecánico, ejerciendo actualmente como profesor y vice decano facultad de Ingeniería Mecánica en la institución, CUJAE.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación el prototipo de interfaz de usuario no funcional con el fin de consolidar los resultados obtenidos en el trabajo de investigación "Análisis del modelo de criticidad Plantas de Producción de Bioproductos para el proyecto desarrollo de aplicaciones informáticas para la ingeniería de mantenimiento" quedando satisfecho con el diseño mostrado. Se debe destacar el trabajo realizado por la estudiante así como su dedicación y entrega en el cumplimiento de los requisitos solicitados.

En La Habana, a los 12 días del mes de Junio del 2012



Firma

3.3. Conclusiones parciales.

- Se logró diseñar un prototipo no funcional acorde a las características del sistema permitiendo un alto grado de aceptación por parte del cliente.
- Quedó demostrado que el prototipo es una buena técnica para validar requisitos.

Conclusiones Generales

Del estudio realizado en esta investigación se pueden formular las conclusiones siguientes.

1. Aplicando las técnicas: Entrevista, Tormenta de Ideas y Desarrollo conjunto de aplicaciones (JAD), gracias a las cuales se logran captar las necesidades de los clientes.
2. Aplicando las etapas de la Ingeniería de Requisitos, Obtención, Análisis y Especificación se lograron requisitos consistentes, garantizándose así mayor exactitud para las futuras fases e iteraciones del proyecto.
3. Obteniendo un prototipo no funcional que satisfaga las necesidades de los clientes se logra tener un punto de partida para la implementación de las funcionalidades del sistema.

Recomendaciones

Con el objetivo de expresar las propuestas de acciones posteriores y de dar continuidad a esta investigación se realizan las siguientes recomendaciones.

1. En caso de introducir nuevo equipamiento se recomienda que se les realice una data histórica donde se registren las incidencias durante su período de explotación y se actualice las ya existentes.
2. Incrementar la instrumentación de los equipos para aumentar la detectabilidad de las posibles fallas y por consiguiente disminuir los equipos que se encuentren como más críticos.
3. Se recomienda que sean utilizados los artefactos generados en esta investigación para el futuro desarrollo del sistema.
4. Se recomienda aplicar la minería de datos para mejorar la toma de decisiones, tomando como base de partida los resultados obtenidos en esta tesis.

Bibliografía

- 1UML, El lenguaje unificado de modelado
- 2OMG. Object Management Group/BusinessProcess Management Initiative. OMG. Object Management Group/BusinessProcess Management Initiative.
<http://www.bpmn.org/Documents/FAQ.htm>.
- 3Obtención y validación de un modelo para el análisis de criticidad de equipos en plantas de producción de productos biológicosObtención y validación de un modelo para el análisis de criticidad de equipos en plantas de producción de productos biológicosLa Habana
- 4msig.espolmsig.espolwww.msig.espol.edu.ec/recursos/5.Enterprise_Resource_Planning_Resumen.pdf.
- 5Microsoft Excel para calculo de la criticidadScribd
- 6Mantenimiento Centrado en Confiabilidad usando Métodos de Simulación del ciclo de vida Reliability world 2006 Latín América1-11
- 7Lenguajes, notaciones y herramientas para el modelado y análisis de procesosLenguajes, notaciones y herramientas para el modelado y análisis de procesos<http://www.gestiopolis.com>
- 8La Ingeniería de Requisitos
- 9La Cultura de la Confiabilidad Operacional Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- 10IV Workshop en Requisitos.IV Workshop en Requisitos.<http://www.inf.puc-rio.br/wer01/Mod-Req-1.pdf>
- 11Issues in Requirements Elicitation.1992
- 12Ingeniería de Software,un enfoque práctico2005
- 13Ingeniería de software Madrid : s.n.2005
- 14Ingeniería de Requisitos en Aplicaciones para la Web. Un estudio comparativoIngeniería de Requisitos en Aplicaciones para la Web. Un estudio comparativo
- 15InformatizateInformatizatehttp://www.informatizate.net/articulos/metodologias_de_desarrollo_de_software_07062004.html.
- 16EXtreme Programming.España : s.n.2004
- 17El Análisi de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional.Aplicación del Análisis de Criticidad en Petróleos de Venezuela PDVSA & OccidenteClub_mantener@sinectis.com.ar
- 18Comparison of UML Modelling Tools2002

- 19Cómo medir la satisfacción del cliente. Desarrollo y utilización de cuestionarios Barcelona - España. Artes Gráficas Butemberg
- 20Buenas Tareas <http://www.buenastareas.com/ensayos/Analisis-De-Criticidad/1258584.html>
- 21Blog de Word Press.com Blog de Word Press.com Daniel's Blog <http://danielvn7.wordpress.com/2008/03/27/%C2%BFque-es-ingenieria-de-requisitos-ir/>
- 22Aplicaciones del Lenguaje Unificado de Modelado (UML) al diseño de controles .Net para dispositivos con tecnología 1-Wire Valencia 2008
231. Resolución Económica del V Congreso del Partido Comunista de Cuba. Cuba. Editora Política 1997
- 24“Estudio sobre las características de la gestión del mantenimiento en las plantas de producción productos biológicos
- 25“El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional”. Aplicación del Análisis de Criticidad en CLUB DE MANTENIMIENTO Club_mantener@sinectis.com.ar
- 26 Metodología para la Elicitación de Requisitos de Sistemas Software Sevilla 2000
- 27 Formulación y validación de una expresión para el análisis de criticidad del parque de equipos especiales de aeropuertos. CEIM/ISPJAE. Ciudad de la Habana [Biblioteca CEIM/CUJAE]. Cúcalo, C. M.
- 28 Diseño de un Sistema Integrado de Confiabilidad Operacional para el Área de Servicios Industriales de Bavaria S.A. Cervecería de Boyacá. U.P.T.C. Escuela de Ingeniería Electromecánica. Duitama
- 29 Análisis de criticidad de los subsistemas objeto de mantenimiento en una instalación hotelera. Trabajo de Diploma CEIM/ISPJAE. Ciudad de la Habana. [Biblioteca CEIM/CUJAE]
- 30 Aplicación de la Minería de Datos para describir la ocurrencia de fallas en los equipos y sistema de la plataforma tecnológica de PDVSA AIT Servicios Comunes Centro Merida-Venezuela 2009

Anexos

Anexo 1

Análisis de la data histórica de cada equipo en una de las plantas de producción

No.	Nombre del Equipo	Área	Fabricante	Año de fabricación	Frecuencia de Falla (fabricante)	Frecuencia de Falla (real)
1	Zaranda	Laboratorio	NBS	1988	2	3
2	Fermentadores de inoculo	Laboratorio	MARUBISHI	1984	3	4
3	Fermentadores de producción	Producción	CHEMAP	1984	8	10
4	Tanques	Producción	MESA	2005	1	0,5
5	Bombas de trasiego	Producción	WATSON MARLOW	1984	6	8
6	Bombas dosificadoras	Producción	WAB	1985	3	4
7	Tanques	Recobrado	MESA	2004	0,5	0,33
8	Centrífuga de discos	Recobrado	WESTFALIA	1986	28	18
9	Centrífuga alta resolución	Recobrado	SHARPLESS	1984	26	16
10	Bombas de trasiego (Centríf.)	Recobrado	SEN-PILOT	1985	3	4
11	Secador	Terminación		1986	6	10
12	Tanques	Mat. Primas	MESA	2004	0,45	1
13	Reactores	Mat. Primas	IKA	2004	1	1
14	Bombas Centríf.	Mat. Primas	FRISTAM	1984	2	4
15	Compresores	Sumin. Aire	ABC	1991	4	4
16	Sopladores	Sumin. Aire			1	2
17	Piscina	Enfriamiento			1	2

18	Bombas	Enfriamiento	GRUNFOS	2000	4	4
19	Maq. Enfriamiento.	Enfriamiento	SABROE	2000	3	3
20	Conductos	Ventilación	FRIO-CLIMA	1999	1	1
21	Sopladores	Ventilación	FRIO-CLIMA	1999	1	1
22	Filtros	Ventilación	BFC	2008	2	2
23	Caldera	Vapor	ALASTOR	1984	8	9
24	Tanques	Residuales	ANTILLANA	1998	1	1
25	Reactores	Residuales	IKA	2004	2	1
26	Bombas	Residuales	ATLAS	1984	2	1
27	Piscina	Residuales			1	1
28	Construcción Mampostería	Civil			1	1
29	Construcción Metálica	Civil			1	1
30	Pisos Drenajes	Civil			1	1
31	Divisiones Aluminio	Civil			1	1
32	Techos y falsos techos	Civil			1	1
33	Áreas Ext.	Civil			1	1

Anexo 2

Tabla correspondiente al requisito funcional número 3 Determinar la Frecuencia de Fallas.

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
RF3	Determinar la Frecuencia de Fallas	El sistema debe ser capaz de buscar la frecuencia de fallas registradas en la base de datos y mostrarla automáticamente en caso que no estén los datos almacenados en la base de datos el sistema debe ser capaz de mostrar una lista con las	Alta	Alta

posibilidades de falla que puede tener un equipo, dándole la posibilidad al usuario de seleccionar una opción de la lista dada, las mismas tendrán valores entre 1 y 5 puntos.

Prototipo

Campos	Tipos de Datos	Reglas o Restricciones
No más de 1 por año	Alfanumérico	El valor para este campo es 1.
Entre 2 y 4 por año	Alfanumérico	El valor para este campo es 2.
Entre 5 y 10 por año	Alfanumérico	El valor para este campo es 3.
Entre 11 y 22 por año	Alfanumérico	El valor para este campo es 4.
Más de 23 por año	Alfanumérico	El valor para este campo es 5.

Tabla correspondiente al requisito funcional número 4 Determinar la Detectabilidad.

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
RF4	Determinar la Detectabilidad	El sistema debe ser capaz de mostrar una lista con posibles detectabilidades, dándole la posibilidad al usuario de seleccionar una opción de la lista dada, las mismas tendrán valores entre 1 y 10 puntos. Una vez seleccionada la detectabilidad, el sistema debe ser capaz de multiplicar el valor de la detectabilidad por 0.2.	Alta	Alta
Prototipo				
				
Campos	Tipos de Datos		Reglas o Restricciones	
Existencia instrumentación que brindan	Alfanumérico		El valor para este campo es 1.	

información sobre parámetros operacionales que permitan tomar decisiones antes de fallar.		
Existencia instrumentación que brindan información sobre parámetros operacionales pero que no permiten tomar decisiones antes de fallar.	Alfanumérico	El valor para este campo es 3.
Poca instrumentación	Alfanumérico	El valor para este campo es 7.
Ninguna instrumentación	Alfanumérico	El valor para este campo es 10.

Tabla correspondiente al requisito funcional número 5 Determinar la Severidad.

Nº	Nombre		Descripción	Complejidad para cliente	Prioridad para cliente
RF 5	Determinar la Severidad	RF5.1: Impacto en la Producción	El sistema debe ser capaz de darle la posibilidad al usuario seleccionar un impacto en la producción de la lista mostrada.	Alta	Alta
		RF5.2: Impacto	El sistema debe ser capaz	Alta	Media

		Ambiental	de darle la posibilidad al usuario seleccionar un impacto ambiental de la lista mostrada.		
		RF5.3: Impacto en Salud y Seguridad Personal	El sistema debe ser capaz de darle la posibilidad al usuario seleccionar un impacto en la salud y seguridad personal de la lista mostrada.	Alta	Media
Prototipo					

Tabla correspondiente al requisito funcional número 6 Determinar el Impacto sobre la producción.

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
RF6	Determinar el Impacto sobre la	El sistema debe ser capaz de mostrar una lista con los posibles	Alta	Alta

producción	impactos que pueda causar en la producción, dándole la posibilidad al usuario de seleccionar una opción de la lista dada, las mismas tendrán valores entre 1 y 10 puntos.		
Campos	Tipos de Datos	Reglas o Restricciones	
No afecta la producción	Alfanumérico	El valor para este campo es 1.	
25% de impacto	Alfanumérico	El valor para este campo es 3.	
50% de impacto	Alfanumérico	El valor para este campo es 5.	
75% de impacto	Alfanumérico	El valor para este campo es 7.	
La afecta totalmente	Alfanumérico	El valor para este campo es 10.	

Tabla correspondiente al requisito funcional número 7 Determinar el Impacto Ambiental.

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
RF7	Determinar el Impacto Ambiental	El sistema debe ser capaz de mostrar una lista con los posibles impactos ambientales, dándole la posibilidad al usuario de seleccionar una opción de la lista dada, las mismas tendrán valores entre 0 y 25 puntos.	Alta	Alta
	Campos	Tipos de Datos	Reglas o Restricciones	
	No origina ningún	Alfanumérico	El valor para este campo es	

impacto ambiental.		0.
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta.	Alfanumérico	El valor para este campo es 5.
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta.	Alfanumérico	El valor para este campo es 10.
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad.	Alfanumérico	El valor para este campo es 25.

Tabla correspondiente al requisito funcional número 8 Determinar el Impacto en la Salud y Seguridad Personal.

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
RF8	Determinar el Impacto en la Salud y Seguridad Personal	El sistema debe ser capaz de mostrar una lista con los posibles impactos en la salud y seguridad personal, dándole la posibilidad al usuario de seleccionar una opción de la lista dada, las mismas tendrán valores entre 0 y 25 puntos.	Alta	Alta

Campos	Tipos de Datos	Reglas o Restricciones
No origina heridas ni lesiones.	Alfanumérico	El valor para este campo es 0.
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes.	Alfanumérico	El valor para este campo es 5.
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días.	Alfanumérico	El valor para este campo es 10.
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente.	Alfanumérico	El valor para este campo es 25.

Tabla correspondiente al requisito funcional número 9 Determinar la Complejidad Productiva.

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
RF9	Determinar la Complejidad Productiva (CP)	El sistema debe ser capaz de mostrar una lista de Posibles Complejidades Productivas, dándole la posibilidad al usuario	Alta	Alta

		de seleccionar una opción de la lista dada, las mismas tendrán valores entre 1 y 5 puntos.		
	Campos	Tipos de Datos	Reglas o Restricciones	
	Poca complejidad	Alfanumérico	El valor para este campo es 1.	
	Media complejidad	Alfanumérico	El valor para este campo es 3.	
	Muy complejo	Alfanumérico	El valor para este campo es 5.	

Tabla correspondiente al requisito funcional número 10 Determinar la Complejidad Mecánica.

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
RF10	Determinar la Complejidad Mecánica(CM)	El sistema debe ser capaz de mostrar una lista de Posibles Complejidades Mecánicas, dándole la posibilidad al usuario de seleccionar una opción de la lista dada, las mismas tendrán valores entre 1 y 5 puntos.	Alta	Alta
	Campos	Tipos de Datos	Reglas o Restricciones	
	Poca complejidad	Alfanumérico	El valor para este campo es 1.	
	Media complejidad	Alfanumérico	El valor para este campo es 3.	
	Muy complejo	Alfanumérico	El valor para este campo es 5.	

Tabla correspondiente al requisito funcional número 11 Determinar la Complejidad Ubicacional

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
RF11	Determinar la Complejidad Ubicacional (CU)	El sistema debe ser capaz de mostrar una lista de Posibles Complejidades Ubicacionales, dándole la posibilidad al usuario de seleccionar una opción de la lista dada, las mismas tendrán valores entre 0 y 3 puntos.	Alta	Alta
	Campos	Tipos de Datos	Reglas o Restricciones	
	Fuera del área certificada	Alfanumérico	El valor para este campo es 0.	
	Dentro del área certificada	Alfanumérico	El valor para este campo es 3.	

Tabla correspondiente al requisito funcional número 13 Informar en PDF.

Nº	Nombre	Descripción	Complejidad	Prioridad para cliente
RF13	Informar en PDF	El sistema debe ser capaz de exportar en PDF los reportes correspondientes al índice de Criticidad, índice de complejidad, casi como también exportar en PDF un reporte general.	Media	Media

Anexo 3

Tabla correspondiente a la descripción del caso de uso número 3 Determinar la severidad.

Objetivo	El objetivo del caso de uso es determinar el valor de la severidad.
Actores	Ingeniero de Criticidad

Resumen	Este caso de uso se inicia cuando el ingeniero de criticidad decide determinar el valor de la severidad a partir del impacto en la salud y la seguridad personal, el impacto ambiental y el impacto sobre la producción.	
Complejidad	Alta	
Prioridad	Crítico	
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ●El ingeniero de criticidad debe haberse autenticado. ●El ingeniero de criticidad debe encontrarse dentro del módulo de criticidad- cálculo del índice de criticidad. 	
Postcondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ●Se obtiene el valor de la Severidad. 	
s		
Flujo de eventos		
Flujo básico Determinar la Severidad		
	Actor	Sistema
	1. El actor presiona el botón "severidad".	2. Muestra una interfaz con 3 bloques correspondientes al <ul style="list-style-type: none"> ● Impacto ambiental. ● Impacto en la salud y la seguridad personal. ● Impacto sobre la producción. Se muestran los botones "Aceptar" y "Cancelar"
	3. Selecciona un "Impacto en la salud y la seguridad personal" de los siguientes impactos en la salud y en la seguridad personal mostrados por el sistema: <ul style="list-style-type: none"> ● No origina heridas ni lesiones. ● Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes. ● Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días. ● Puede ocasionar lesiones con incapacidad 	

	superior a 30 días o incapacidad parcial permanente.	
	<p>4. Selecciona un “impacto ambiental” de los siguientes impactos ambientales mostrados por el sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● No origina ningún impacto ambiental. ● Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta. ● Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta. ● Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad. 	
	<p>5. Selecciona un “impacto sobre la producción”.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● No afecta la producción ● 25% de impacto ● 50% de impacto ● 75% de impacto ● La afecta totalmente <p>6. Presiona el botón Aceptar (Alternativo 1)</p>	<p>7. Muestra el valor de la severidad.</p> <p>Se muestran los botones “Guardar” y “Cancelar”.</p>
	<p>8. Selecciona la opción Guardar (Alternativo 2).</p>	<p>9. Muestra un mensaje de confirmación “Esta seguro que desea guardar los datos”</p> <p>10. Guarda los datos.</p> <p>11. Cierra el formulario.</p> <p>12. Finaliza el caso de uso.</p>
Flujos alternos		
Alternativo 1: El usuario selecciona la opción Cancelar del formulario principal		

determinar la severidad.		
	Actor	Sistema
	6. Selecciona la opción cancelar.	7. Cierra el formulario principal
	8. Ir al paso 1 del flujo básico Determinar la severidad.	
Alternativo 2: El usuario selecciona la opción Cancelar en el mensaje de confirmación		
	Actor	Sistema
	8. Selecciona la opción Cancelar.	9. No guarda los datos 10. Cierra el formulario.
Relaciones	CU Incluidos	Impacto en la Salud y en la Seguridad Personal. <u>Ver CU Determinar el Impacto en la Salud y en la Seguridad Personal.</u> Impacto Ambiental. <u>Ver CU Determinar el Impacto Ambiental.</u> Impacto sobre la Producción. <u>Ver CU Determinar Impacto sobre la Producción.</u>
	CU Extendidos	

Tabla correspondiente a la descripción del caso de uso número 4 Determinar la Frecuencia de Fallas.

Objetivo	El objetivo del caso de uso es determinar el valor de la Frecuencia de Fallas.
Actores	Ingeniero de Criticidad
Resumen	Este caso de uso se inicia cuando el ingeniero de criticidad decide determinar el valor de la frecuencia de fallas, para ello el sistema debe ser capaz de darle la posibilidad al ingeniero de hacerle una petición a la base de datos y en caso que no se encuentre registrado dicho valor correspondiente a la frecuencia de fallas, el sistema debe darle la posibilidad al ingeniero de seleccionar una frecuencia de falla de la lista de fallas mostradas por el sistema.
Complejidad	Alta

Prioridad	Crítico	
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ●El ingeniero de criticidad debe haberse autenticado. ●El ingeniero de criticidad debe encontrarse dentro del módulo de criticidad- índice de criticidad. 	
Postcondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ●Se obtiene el valor de la frecuencia de fallas. 	
s		
Flujo de eventos		
Flujo básico Determinar la Frecuencia de Fallas		
	Actor	Sistema
	1. Presiona el botón " Frecuencia de Fallas".	2. Se obtiene de la BD la frecuencia de falla (Alterno 1). 3. Se muestra un formulario con las frecuencias de fallas y una selección por defecto obtenida de la BD. Se muestran los botones Aceptar y Cancelar.
	4. Presiona el botón Aceptar (alterno 2).	
Flujos alternos		
Alterno 1: No se encuentra en la BD un valor para la frecuencia de falla.		
	Actor	Sistema
		<ul style="list-style-type: none"> ● No Se obtiene de la BD la frecuencia de falla y el sistema muestra un mensaje: ""No se encuentra registrada el valor de la Frecuencia de Fallas"" ● Se muestra un formulario con las siguientes Frecuencias de Fallas. <ul style="list-style-type: none"> ● No más de 1 por año ● Entre 2 y 4 por año

		<ul style="list-style-type: none"> • Entre 5 y 10 por año • Entre 11 y 22 por año • Más de 23 por año <p>Se muestran los botones Aceptar y Cancelar.</p>
	<p>3. Selecciona una frecuencia de fallas de la lista mostrada por el sistema.</p> <p>4. Presiona el botón Aceptar (alterno 2).</p>	<p>5. Muestra el valor de la frecuencia de fallas.</p> <p>Se muestran los botones Guardar y Cancelar.</p>
	<p>6. Presiona el botón Guardar (Alterno 3).</p>	<p>7. Muestra un mensaje de confirmación “Esta seguro que desea guardar los datos”</p> <p>8. Guarda los datos.</p> <p>9. Cierra el formulario.</p> <p>10. Finaliza el caso de uso.</p>
Alternativo 2: El usuario presiona Cancelar en el formulario principal de la frecuencia de fallas.		
	<p>4. Presiona el botón Cancelar.</p>	<p>5. No registra en la BD el valor de la frecuencia de fallas.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Ir al paso 1 del flujo básico Determinar la Frecuencia de Fallas. 	
Alternativo 3: El usuario presiona Cancelar en el mensaje de confirmación.		
	<p>6. Presiona el botón Cancelar.</p>	<p>7. No actualiza en la BD la frecuencia de falla.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se cierra el mensaje de confirmación.
	<p>9. Ir al paso 1 del flujo básico Determinar la Frecuencia de Fallas.</p>	

Tabla correspondiente a la descripción del caso de uso número 5 Determinar la Detectabilidad.

Objetivo	El objetivo del caso de uso es determinar el valor de la
-----------------	--

	Detectabilidad.	
Actores	Ingeniero de Criticidad	
Resumen	Este caso de uso se inicia cuando el ingeniero de criticidad decide determinar el valor de la detectabilidad, para ello el sistema debe ser capaz de darle la posibilidad al usuario de seleccionar un valor de detectabilidad de la lista de detectabilidades mostradas por el sistema.	
Complejidad	Alta	
Prioridad	Crítico	
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ●El ingeniero de criticidad debe haberse autenticado. ●El ingeniero de criticidad debe encontrarse dentro del módulo de criticidad- cálculo del índice de criticidad. 	
Postcondiciones	<ul style="list-style-type: none"> ●Se obtiene el valor de la detectabilidad. 	
Flujo de eventos		
Flujo básico Determinar la Detectabilidad		
	Actor	Sistema
	<ul style="list-style-type: none"> ● El actor presiona el botón " Detectabilidad". 	<ul style="list-style-type: none"> ● Se muestra un formulario con las siguientes detectabilidades: <ul style="list-style-type: none"> ● Existencia instrumentación que brindan información sobre parámetros operacionales que permitan tomar decisiones antes de fallar. ● Existencia instrumentación que brindan información sobre parámetros operacionales pero que no permiten tomar decisiones antes de fallar. ● Poca instrumentación. ● Ninguna instrumentación.

		Se muestran los botones Aceptar y Cancelar.
	<ul style="list-style-type: none"> • Selecciona una detectabilidad de la lista mostrada por el sistema. • Presiona el botón Aceptar (Alternativo 1). 	<p>5. Muestra el valor de la detectabilidad.</p> <p>Se muestran los botones Guardar y Cancelar.</p>
	6. Presiona el botón Guardar (alternativo 2).	<p>7. Muestra un mensaje de confirmación. "Esta seguro que desea guardar los datos"</p> <p>8. Guarda los datos.</p> <p>9. Cierra el formulario.</p> <p>10. Finaliza el caso de uso.</p>
Flujos alternos		
Alternativo 1: El usuario presiona cancelar en el formulario principal de la detectabilidad.		
	Actor	Sistema
	4. Presiona el botón Cancelar.	<p>5.No registra en la BD el valor de la detectabilidad.</p> <p>6. Cierra el formulario.</p>
Alternativo 2: El usuario presiona cancelar en el mensaje de confirmación.		
	Actor	Sistema
	5. Presiona el botón Cancelar.	<p>6. No actualiza en la BD la detectabilidad.</p> <p>7. Cierra el mensaje.</p>

Anexo 4

Diagrama de colaboración para el caso de uso determinar la frecuencia de fallas.

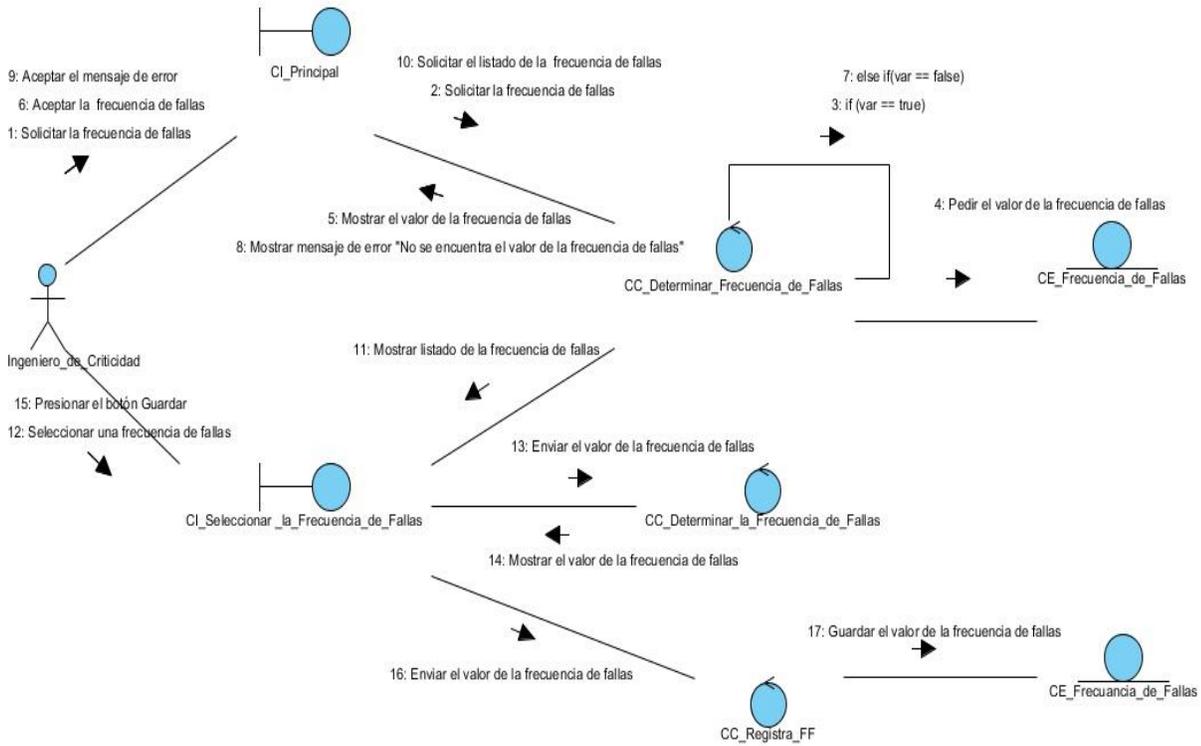


Diagrama de colaboración para el caso de uso determinar la detectabilidad

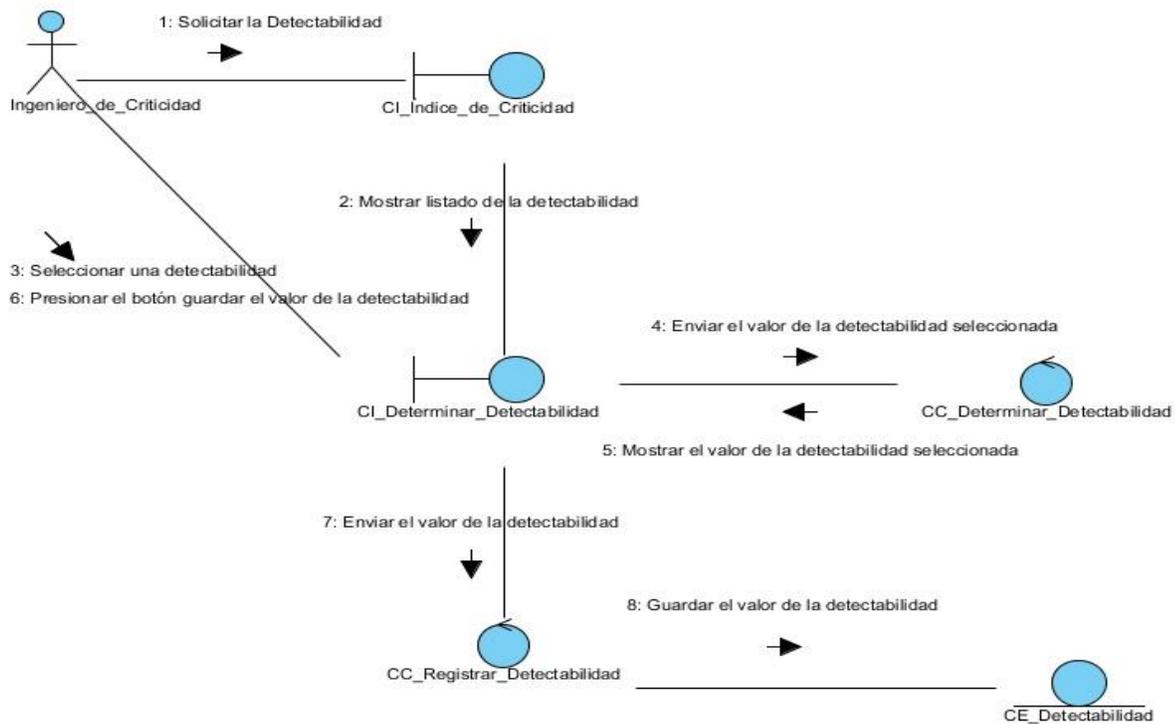


Diagrama de colaboración para el caso de uso determinar la severidad.

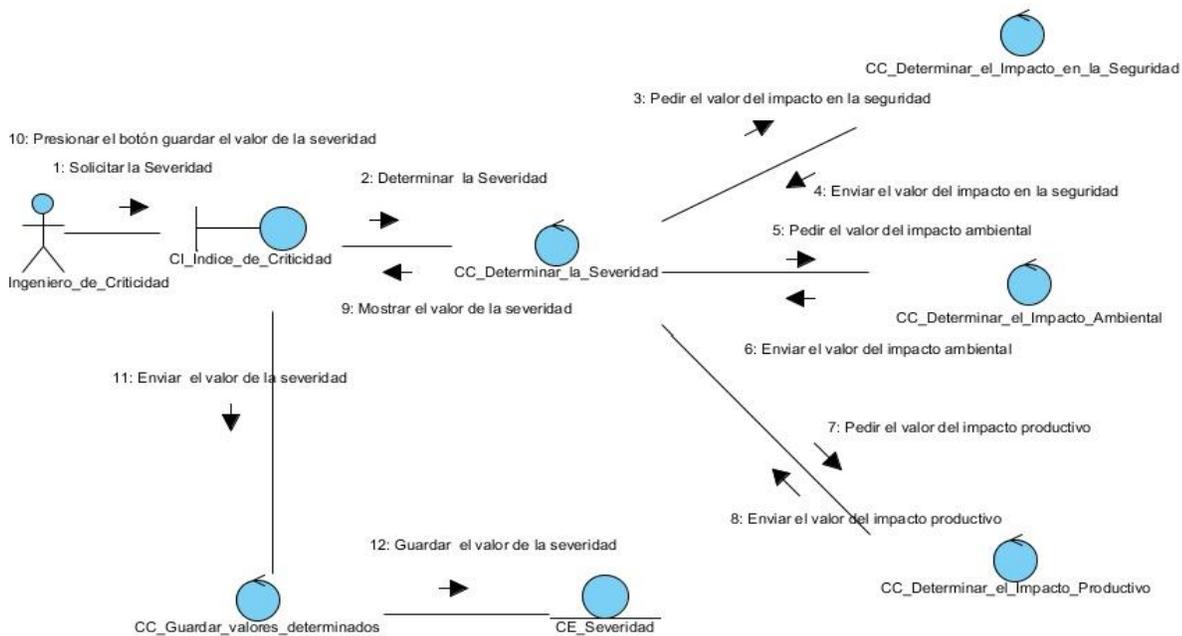
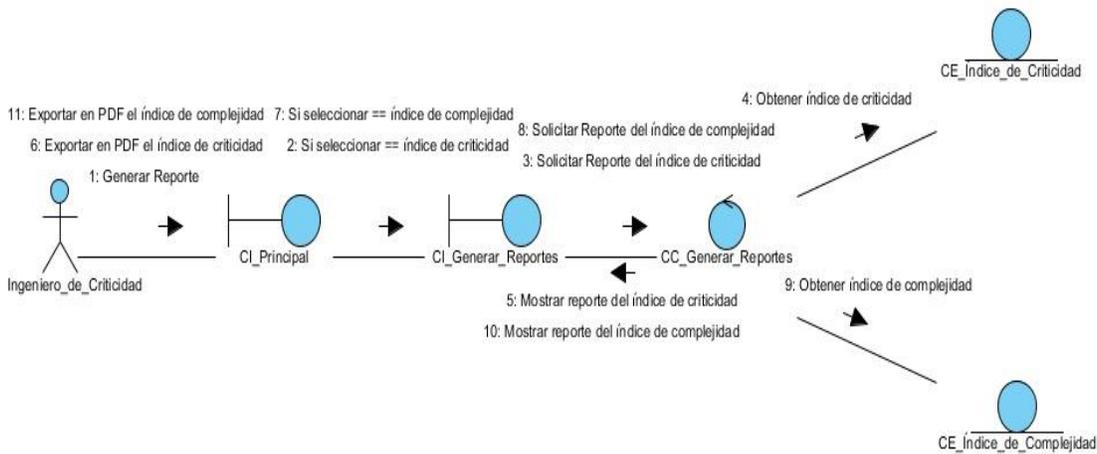


Diagrama de colaboración para el caso de uso generar reporte.



Anexo 5 Prototipo de interfaz de usuario no funcional.

Determinar la Frecuencia de Fallas en el Módulo de Criticidad para el modelo plantas de producción de bioproductos.



Determinar la detectabilidad en el Módulo de Criticidad para el modelo plantas de producción de bioproductos.

SISTEMA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL
OFRECEMOS MÁS CONFIANZA.

Índice de Criticidad

Activos	Inicio	Frecuencia de Fallas	Detectabilidad	Severidad
Zaranda(Lab)				
Fermentadores de inoculo(Lab)				
Fermentadores de producción(Prod)				
Tanques(Prod)				
Bombas de trasiego(Prod)				
Tanques(Recobrado)				
Centrífuga de discos(Recobrado)				
Centrífuga de alta resolución(Recobrado)				
Bombas de trasiego.Centrif.(Recobrado)				
Secador(Terminación)				
Tanques(Mat.Primas)				

Detectabilidad

- Existencia de instrumentación que brindan información sobre parámetros operacionales que permitan tomar decisiones antes de fallar.
- Existencia de instrumentación que brindan información sobre parámetros operacionales pero que no permiten tomar decisiones antes de fallar.
- Poca instrumentación
- Ninguna instrumentación

Determinar la Severidad en el Módulo de Criticidad para el modelo plantas de producción de bioproductos.

SISTEMA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL
OFRECEMOS MÁS CONFIANZA.

Índice de Criticidad

Activos	Inicio	Frecuencia de Fallas	Detectabilidad	Severidad
Zaranda(Lab)				
Fermentadores de inoculo(Lab)				
Fermentadores de producción(Prod)				
Tanques(Prod)				
Bombas de trasiego(Prod)				
Tanques(Recobrado)				
Centrífuga de discos(Recobrado)				
Centrífuga de alta resolución(Recobrado)				
Bombas de trasiego.Centrif.(Recobrado)				
Secador(Terminación)				
Tanques(Mat.Primas)				

Severidad

Impacto Ambiental

- No origina ningún impacto ambiental.
- Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta.
- Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta.
- Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas, quejas de la comunidad.

Impacto en la Salud y en la Seguridad Personal

- No origina heridas ni lesiones.
- Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días.
- Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes.
- Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente.

Impacto Productivo

Generar reportes para el índice de criticidad

SISTEMA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL
OFRECEMOS MÁS CONFIANZA.

Generar Reportes

Activos: Inicio | Reporte para el Índice de Criticidad | Reporte para el Índice de Complejidad

Zaranda(Lab)
 Fermentadores de inculo(Lab)
 Fermentadores de producción(Prod)
 Tanques(Prod)
 Bombas de trasiego(Prod)
 Tanques(Recobrado)
 Centrifuga de discos(Recobrado)
 Centrifuga de alta resolución(Recobrado)
 Bombas de trasiego.Centrif.(Recobrado)
 Secador(Terminación)
 Tanques(Mat.Primas)
 Reactores(Mat.Primas)
 Bombas centrífuga(Mat.Primas)

Reportes del Índice de la Criticidad

Histograma | Tabla | Matriz

Análisis de la Criticidad

400
300
200
100
0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Exportar en PDF

Generar reportes para el índice de complejidad

SISTEMA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL
OFRECEMOS MÁS CONFIANZA.

Generar Reportes

Activos: Inicio | Reporte para el Índice de Criticidad | Reporte para el Índice de Complejidad

Zaranda(Lab)
 Fermentadores de inculo(Lab)
 Fermentadores de producción(Prod)
 Tanques(Prod)
 Bombas de trasiego(Prod)
 Tanques(Recobrado)
 Centrifuga de discos(Recobrado)
 Centrifuga de alta resolución(Recobrado)
 Bombas de trasiego.Centrif.(Recobrado)
 Secador(Terminación)
 Tanques(Mat.Primas)
 Reactores(Mat.Primas)
 Bombas centrífuga(Mat.Primas)

Reportes del Índice de Complejidad

Histograma | Tabla | Matriz

Análisis de la Complejidad

400
300
200
100
0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

Exportar en PDF