



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE HERRAMIENTA DE OPERACIONES Y CONTROL DEL
MANTENIMIENTO PARA EL CAMPO DEPORTIVO JUAN GÓMEZ MILLAS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CRISTIÁN PATRICIO TAPIA MUÑOZ

PROFESOR GUÍA:
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
VÍCTOR PÉREZ VERA
RICARDO LOYOLA MORAGA

SANTIAGO DE CHILE
2018

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TITULO DE: Ingeniero Civil Industrial
POR: Cristián Tapia Muñoz
FECHA: 26/01/2018
PROFESOR GUIA: Luis Zaviezo Schwartzman

DISEÑO DE HERRAMIENTA DE OPERACIONES Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO PARA EL CAMPO DEPORTIVO JUAN GÓMEZ MILLAS

La Dirección de Deportes y Actividad Física (DDAF), de la Universidad de Chile, en 2011 detecta la falta de espacios deportivos para lograr satisfacer un nivel mínimo de accesibilidad y equidad a toda la comunidad. A raíz de estas carencias se formula el proyecto del Campo Deportivo Juan Gómez Millas. Dadas las dimensiones y características particulares del recinto este presenta un desafío en su operación y su mantenimiento para la dirección.

El objetivo de este trabajo es "Diseñar una herramienta de operaciones y control del mantenimiento para el Complejo Deportivo Juan Gómez Millas".

Para el desarrollo de este objetivo se requiere la obtención de los requerimientos y luego del diseño del sistema. Al ejecutar estos pasos se hace una descripción y análisis de la situación actual, una propuesta de estrategia de mantenimiento y se enuncian los requisitos que debe cumplir esta herramienta. Para lo anterior se utiliza la notación UML, que permite definir los Casos de Uso, un análisis y diseño de las clases del sistema y un modelo lógico de datos.

El objetivo del recinto es maximizar los tiempos de utilización de los usuarios, llevando un control de los costos en los que incurre. Para lograrlo es necesario considerar cuatro aspectos principalmente: manejo de insumos y repuestos de menor tamaño; un catálogo e información relevante de la operación y mantenimiento de los distintos equipos, sistemas e instalaciones; llevar un control y registro de las actividades de mantenimiento preventivo a realizar en el CDJGM y tener un registro de los costos que los aspectos mencionados provocan y los otros costos relevantes.

El diseño propuesto permite comenzar el desarrollo y una posible implementación de la herramienta, con ella es posible capturar los datos de elementos propios de la operación como las órdenes de compra, las fallas y su reparación, el control del cumplimiento del plan mantenimiento, los cuales permiten ayudar a los operadores del recinto en los 4 aspectos definidos como necesario. Pero el diseño propuesto requiere una alta participación de los operadores, lo cual puede provocar errores en el sistema y además existen temas restantes de la gestión que deben ser desarrollados como los controles de seguridad, fijación de precios, asignación de tareas dado el personal, entre otros.

A mi familia y amigos que han sido un gran soporte para mí en todo. Y en especial a mi bisabuela, ojala algún día llegue a ser lo mitad de lo que es ella.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que siempre estuvo conmigo durante los 6 años de carrera.

A mi bisabuela y abuelo que han sido un gran apoyo y ejemplo desde siempre.

A toda mis compañeros que me acompañaron en la etapa universitaria.

A la sección del trabajo de título, en especial a Felipe Abarca y Gabriel Soto, este proceso de titulación juntos y de verdad fueron un gran apoyo y fuente de admiración. También a mi amigo Alexander Santibáñez.

A los Dañados, tremendo grupo de amigos formado este año, se les quiere Dañados.

A Daniel Muñoz, director de la DDAF, por confiar en mí. A todos los trabajadores de la DDAF y trabajadores de la obra que me apoyaron durante este año; la señora Lucía, Boris, los ITO y personal de la constructora entre otros grandes profesionales.

A figuras de CyC y a la Rama de Natación de Ingeniería, dos tremendos grupos de personas que llevaban a esforzarme para ser mejor en el deporte que amo. Y en especial a los dos grandes entrenadores que me ayudaron en esto a la Mónica, que aunque a veces fallé ella seguía confiando en mí, y a Cris, un gran amigo que me recibió con los brazos abiertos cuando quise tomarme el deporte en serio.

Gracias a todos.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.1.1 Operación del CDJGM	3
1.2 Objetivos	5
1.3 Alcance y resultados esperados	5
Capítulo II. MARCO CONCEPTUAL	6
2.1 Gestión Deportiva	6
2.2 Instalaciones Deportivas	6
2.3 Explotación y gestión de las instalaciones	7
2.3.1 Mantenimiento en las instalaciones	8
2.3.2 Ingeniería y gestión del mantenimiento	9
2.3.3 Ingeniería de software	13
2.3.4 Programación Orientada a Objetos	13
2.3.5 Modelo entidad-relación	14
Capítulo III. METODOLOGÍA	15
3.1 Análisis de Requisitos	16
3.1.1 Análisis de la situación actual	16
3.1.2 Modelo de Casos de Uso	17
3.2 Análisis de Clases	17
3.2.1 Análisis de casos de uso	18
3.2.2 Análisis de clases	18
3.3 Diseño del sistema	18
3.3.1 Diseño de casos de uso reales	18
3.3.2 Diseño de las clases	19
3.3.3 Diseño físico de datos	19
Capítulo IV. ANÁLISIS DE REQUISITOS	20
4.1 Situación actual	20
4.1.1 Instalaciones	20
4.1.2 Sistemas	24
4.1.3 Insumos	30
4.1.4 Gastos básicos	31
4.1.5 Entrega	32
4.2 Estrategia de mantenimiento	33
4.3 Requisitos	33
4.4 Casos de uso y Diagrama de casos de uso	34
Capítulo V. ANÁLISIS DE CLASES	38
5.1 Diagrama de Secuencia de Sistema	38
5.2 Clases del sistema	40
5.2.1 Clase de presentación	42
5.2.2 Clase de negocios	43
5.2.3 Clase de datos	43
Capítulo VI. DISEÑO DEL SISTEMA	44
6.1 Actualización de Clases de uso y clases del sistema	44
6.2 Diseño de las clases del sistema	45

6.2.2 Métodos de la Clase General	48
6.3 Diseño de estructura de datos	59
Capítulo VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
GLOSARIO	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Gasto diario de electricidad de los sistemas instalados en el CDJGM. Elaboración propia.....	3
Tabla 2: Cantidad de espacios para la Fase I y los niveles de la Fase II. Elaboración propia.	21
Tabla 3: Estimación de Consecuencia para las instalaciones No Deportivas. Elaboración propia	22
Tabla 4 Cantidad de actividades de mantenimiento dada su periodicidad según Gestión de las Instalaciones Deportivas. Un camino hacia la sostenibilidad (CSD, 2011). Elaboración propia.	22
Tabla 5: Instalaciones deportivas del CDJGM, su flujo semanal de usuarios estimado y su valor de Consecuencia asignado. Elaboración propia.	23
Tabla 6: Motivos de cobro correspondientes al grupo I designado por Aguas Andinas. Elaboración propia.	31
Tabla 7: Funciones de la Capa de Presentación de la herramienta. Elaboración propia	39
Tabla 8: Funciones de la Capa de Negocio de la herramienta. Elaboración propia	39
Tabla 9: Funciones de la Capa de Datos de la herramienta. Elaboración propia	39
Tabla 10: Estimación de gastos por insumos ordenados decrecientemente. Elaboración propia.	55
Tabla 11: Descripción de las componentes para el Modelo EOQ. Elaboración propia.	57
Tabla 12: Ejemplo de como se registra el Horario. Elaboración propia.	57
Tabla 13: Ejemplo de como se registra el PlanMantenimiento. Elaboración propia.	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ciclo de Trabajo de mantenimiento. Viveros et al (2013)	10
Ilustración 2: Esquema de la metodología a seguir. Elaboración propia.	15
Ilustración 3: Fotografía aérea CDJGM para Julio de 2017. Plan Arquitectos.	20
Ilustración 4: División de las instalaciones del CDJGM. Elaboración propia	21
Ilustración 5: Sistema de Filtrado e Impulsión de la Piscina del CDJGM. Planos del Proyecto.	25
Ilustración 6: Sistema de Elevación de Agua Potable del CDJGM. Planos del proyecto	25
Ilustración 7: Sistema de Elevación de Agua servidas del CDJGM. Planos del proyecto	26
Ilustración 8: Sistema de Climatización y Agua Caliente del CDJGM. Planos del proyecto	28
Ilustración 9: Resumen de sistemas del CDJGM y sus interacciones. Elaboración propia	30
Ilustración 10: Asociaciones del Caso de Uso Login. Elaboración propia	35
Ilustración 11: Asociaciones del Caso de Uso <i>Ingresar falla e Ingresar arreglo de falla</i>. Elaboración propia	36
Ilustración 12: Asociaciones del Caso de Uso <i>Ingresar "Orden Compra" y Registrar llegada de productos Orden Compra</i>. Elaboración propia	37
Ilustración 13: Asociaciones de Caso de Uso Revisar. Elaboración propia	37
Ilustración 14: DSS del Caso de Uso Buscar Proveedores. Elaboración propia	38
Ilustración 15: Extracto diagrama de clases; Equipos, Sistemas e Instalaciones. Elaboración propia	40
Ilustración 16: Extracto diagrama de clases; Falla, Criticidad e Indicadores. Elaboración propia	40
Ilustración 17: Extracto diagrama de clases, Mantenciones. Elaboración propia	41
Ilustración 18: Extracto diagrama de clases, <i>OrdenTrabajo y TrabajoRealizado</i>. Elaboración propia	41
Ilustración 19: Extracto diagrama de clases, <i>JefeOperaciones</i>. Elaboración propia	42
Ilustración 20: Clases de Presentación. Elaboración propia	42
Ilustración 21: Clase de Negocio. Elaboración propia	43
Ilustración 22: Clase de Datos. Elaboración propia	43
Ilustración 23 Separación de Clases Mantenciones, Proveedores e Instalaciones. Elaboración propia	44

Ilustración 24: Asociación OrdenCompra, OrdenPago, Proveedores e Insumos. Elaboración propia.....	45
Ilustración 25: Visualización del proceso para crear una orden de compra. Elaboración propia.....	46
Ilustración 26: Asociación Contrato, ProveedorContrato, PlanMantenimiento, MantencionPreventiva, MantencionCorrectiva y Costo Mantenimiento. Elaboración propia.....	47
Ilustración 27: Asociación Usuario, Reserva, Horario e InstalacionDeportiva. Elaboración propia.....	47
Ilustración 28: Relación entre Clases Equipo, Sistema, InstalacionDeportiva e InstalacionNoDeportiva. Elaboración propia	48
Ilustración 29: Esquema para el cálculo del tiempo de falla, tiempo de reparación y tiempo disponible perdido para los equipos del edificio del CDJGM. Elaboración propia.....	49
Ilustración 30: Diagrama de Sistema Piscina del edificio del CDJGM. Elaboración propia.	49
Ilustración 31: Diagrama de Sistema Agua Potable del edificio del CDJGM.	50
Ilustración 32: Diagrama de Sistema Aguas Servidas del edificio del CDJGM.	51
Ilustración 33: Matriz de Criticidad para el Modelo de Criticidad por Riesgo. Parra y Crespo 2012.	53
Ilustración 34: Visualización de interacción entre Reserva y Horario. Elaboración propia.	58
Ilustración 35: Modelo lógico de datos simplificado. Elaboración propia.	60

Capítulo I. Introducción

1.1 Descripción del problema

El Campo Deportivo Juan Gómez Millas (CDJGM) es uno de los proyectos más importantes de la Dirección de Deportes de Actividad Física (DDAF), organismo dependiente de la Vicerrectoría de Asuntos Estudiantiles y Comunitarios (VAEC) de la Universidad de Chile.

La DDAF es el ente que se encarga de cumplir la siguiente visión de la Universidad de Chile, quien *"asume como su responsabilidad el asegurar, promover y estimular la práctica de las actividades educativas - físicas, deportivas y recreativas, tanto dentro de sus programas curriculares como extracurriculares, buscando establecer las mejores condiciones para posibilitar que todos los estudiantes de la Corporación tengan acceso a cualquiera de ellas."*

Por esto la DDAF, en 2011, elabora su Master Plan y en ese documento se detecta la siguiente problemática: existe una falta de espacios deportivos para lograr satisfacer un nivel mínimo de accesibilidad y equidad a toda la comunidad universitaria.

El nivel mínimo de accesibilidad y equidad que se espera por parte de DDAF contempla que los alumnos, profesores y funcionarios de la Universidad de Chile tengan acceso al menos a:

- Piscina
- Polideportivo para la práctica de Voleibol y/o Básquetbol
- Sala de musculación
- Áreas outdoor que puedan albergar la práctica de Fútbol y Rugby

En el Master Plan se concluye que no es posible brindar esta accesibilidad y equidad construyendo un solo gran recinto, por esto se generaron dos tipos de actividades.

La primera de ellas es la renovaciones de instalaciones deportivas ya existentes, por esto que se renovaron instalaciones en las dependencias de la facultad de Agronomía, Campus Sur, FAU, FEN, Medicina, Odontología, Farellones, entre otros.

La segunda actividad es la construcción del CDJGM, la cual comienza con la presentación del proyecto al Consejo Universitario y tras su aprobación en 2013 se da el puntapié inicial a las obras y para 2015 se hace entrega de las áreas exteriores del CDJGM.

Para finales del 2017 se espera la entrega definitiva del recinto, que significó una inversión cercana a los 8.500 millones de pesos, los cuales entregarán a la Universidad de Chile 9.000 m2 completamente equipados para el desarrollo del deporte.

Tras la entrega del recinto la DDAF debe hacerse cargo de la gestión del CDJGM para así cumplir con los objetivos del complejo, estos objetivos son:

- Satisfacer un nivel mínimo de accesibilidad y equidad mencionados previamente.
- Acrecentar la representación institucional al albergar a las 33 ramas deportivas de la Universidad de Chile en un solo espacio
- Generar eficiencias económicas al dejar de arrendar otras instalaciones para la realización de las competencias internas y los entrenamientos de las ramas deportivas.
- Ser un edificio deportivo público referente a nivel país.

Este recinto se puede dividir en 2 zonas o fases:

- Zonas exteriores o Fase I: contempla 1 cancha de fútbol, 4 canchas de futbolito, 6 multicanchas y una pista de 110 mts. para la práctica del atletismo. Todas estas instalaciones fueron entregadas en 2015.
- Zonas interiores o Fase II: entre las instalaciones con las que contará se incluyen una piscina temperada semi olímpica, un gimnasio con dos canchas multipropósito con galería retráctil para 430 personas; distintas salas como multiusos, de musculación, para práctica de deportes de combates y mentales.

Estas nuevas instalaciones traen distintos efectos a las instituciones que los manejan y los administradores de estos recintos reconocen al menos 3 maneras que estos nuevos espacios impactan a la organización (Covell y Walker, 2013)¹

- La cantidad, tipo y calidad de programas y actividades.
- La calidad de las instalaciones y sus programas son un reflejo de la organización, los cuales contribuyen con marca de la institución.
- Las instalaciones son un activo crítico que puede afectar tanto positivamente como negativamente las finanzas de una organización. Con ellas es posible aumentar la cantidad de cursos que generen fuentes de ingreso a la DDAF, pero también es necesario aumentar la dotación de personal, costear los gastos básicos como la electricidad y el agua y realizar la compra de distintos insumos como insumos de aseo, de oficina, deportivos, entre otros.

¹ Bibliografía número [4]

1.1.1 Operación del CDJGM

Para la operación del CDJGM se estima que anualmente se gastarán cerca de 330 millones de pesos, de los cuales el 47% representan el consumo de electricidad. La distribución de estos gastos se pueden ver en el gráfico 1.

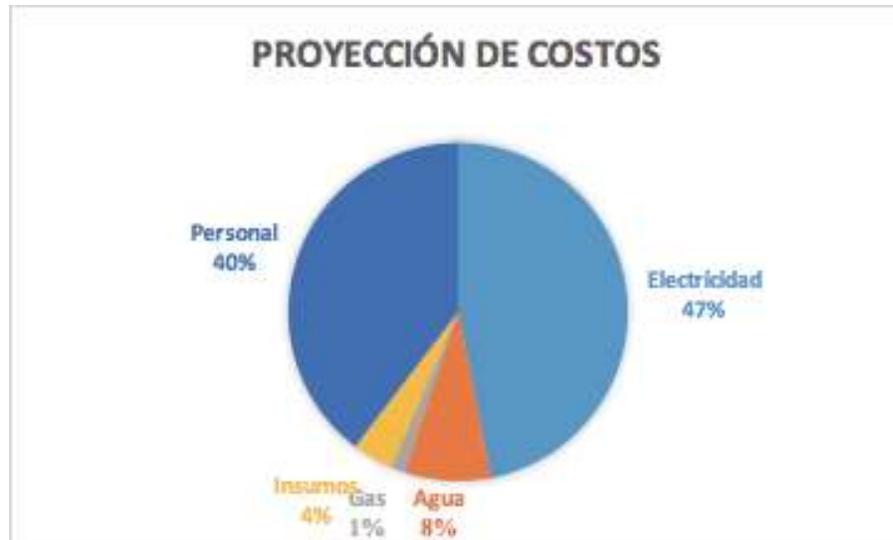


Gráfico 1: Estimación de gastos anuales para el CDJGM. Elaboración propia.

El gasto de Electricidad se puede descomponer en 7 ítems, en donde existen 4 que concentran el 91% de los costos, ellos son: Iluminación, Agua Caliente, Sanitario y Clima. Es posible observar el gasto diario por la utilización de ellos, excepto Iluminación, en la Tabla 1. Esta tabla es una estimación de los costos para el año 2018 basada en los características de los distintos equipos que componen cada ítem.

	Costo Diario	% del Costo	% Acumulado
Agua Caliente	\$ 77.759	32,1%	32%
Climatización	\$ 74.079	30,6%	63%
Piscina	\$ 57.122	23,6%	86%
Gimnasio - Trotadoras	\$ 13.630	5,6%	92%
Ascensor	\$ 10.980	4,5%	96%
Agua Potable Fría	\$ 4.041	1,7%	98%
Aguas Servidas	\$ 2.577	1,1%	99%
Equipos de Oficina	\$ 1.243	0,5%	100%
Multicanchas - Tableros	\$ 686	0,3%	100%
CDJGM	\$ 242.117		

Tabla 1: Gasto diario de electricidad de los sistemas instalados en el CDJGM. Elaboración propia.

Existen 5 sistemas primordiales que marcarán la operación del CDJGM, estos son Agua Caliente, Piscina, Climatización, Agua Potable Fría y Aguas Servidas. Algunos de estos sistemas poseen herramientas tecnológicas que entregan datos en tiempo real de su estado.

Cada uno de estos sistemas poseen los manuales de mantenimiento recomendados por el proveedor con las acciones preventivas a realizar y su periodicidad recomendada para los equipos que los componen. Pero no existe una única herramienta que una estos 5 sistemas y permita un conocimiento de las interacciones entre ellos y con el resto del recinto para así tener un conocimiento general del estado del CDJGM.

Tampoco existe en el CDJGM un sistema que permita unificar las distintas tareas de mantenimiento en una única plataforma que permita; por ejemplo planificar los mantenimientos en conjunto, cuantificar monetariamente estos mantenimientos, realizar un control de inventario tanto de insumos como de repuestos, entre otras tareas.

Además de los sistemas internos del CDJGM este complejo posee 19 instalaciones deportivas que se espera reciban aproximadamente 10.000 personas a la semana, estas instalaciones poseen características específicas por lo cual requieren mantenciones particulares dependiendo sus características. Al igual que para los sistemas internos del CDJGM, las instalaciones poseen manuales de mantenimiento con las acciones preventivas a realizar y su periodicidad recomendada para cada superficie.

Si estas mantenciones no se realizan el estado de ellas se deteriorará y llegará un momento en los cuales no podrán ser utilizadas. Esto puede traer problemas como reclamos por parte de los alumnos, devoluciones de dinero si este espacio fuera arrendado, costos imprevistos que afectan la operación y que podrían haber sido menores, etc.

En resumen, se tiene un set de sistemas y de espacios deportivos que poseen una lista de actividades a realizar y su periodicidad recomendada para mantener en un buen estado el complejo. Además existe un set de fuentes de información de las maquinarias que dan soporte al recinto que pueden ser utilizadas por la DDAF en la toma de decisiones para lograr los objetivos del CDJGM.

Pero hasta ahora falta planificar conjuntamente esta lista de actividades, llevar un control de la realización de estas actividades, estimar los costos de la realización conjuntas de ellas, conectar todas las fuentes de datos existentes en el CDJGM para generar información que pueda sustentar la toma de decisiones.

Existe la aspiración de mantener siempre en un alto estándar y a disposición de los usuarios el CDJGM, por lo cual mantenimiento es fundamental para DDAF. Para cumplir estos propósitos es posible utilizar la tecnología actual y la gran cantidad de datos que se generan en la operación para generar beneficios como aumentar eficiencia de la gestión y el control del

mantenimiento, eficiencia de costos de operación, una disponibilidad constante los espacios del recinto, etc.

Un sistema que permita realizar las operaciones de un mantenimiento preventivo y predictivo permiten, según Operation & Maintenance, 2004² (Datos estadísticos de Mobley, K. 2002):

- Incremento de la vida útil y disponibilidad de los equipos (aproximadamente un 30%).
- Permite acciones correctivas de manera preventiva (las fallas inesperadas se reducen en un 50% y el tiempo de reparación en un 60%)
- Disminuya el tiempo de parada del activo (aumenta 33% el tiempo de funcionamiento)
- Disminuye costos de mano de obra (casi en un 50%) y genera ahorros de energía porque el equipo opera correctamente por mayor tiempo

1.2 Objetivos

El objetivo de este trabajo de memoria es "Diseñar una herramienta de operaciones y control del mantenimiento para el Complejo Deportivo Juan Gómez Millas".

Esta herramienta permitirá llevar un control de los costos, realización de actividades, control de insumos necesarios, control de posibles contratos y estados de los distintos equipos y espacios pertenecientes al recinto.

1.3 Alcance y resultados esperados

Esta memoria sólo será aplicable en el CDJGM y por ende los datos utilizados para este proyecto serán solo los del recinto y lo que recomiendan sus proveedores, el tiempo de su desarrollo será durante la fase final de la construcción del recinto previo a su puesta en marcha.

El resultado esperado de este proyecto es el diseño previo a la implementación y programación de un software que permita gestionar la operación y control del mantenimiento del CDJGM. Queda fuera de este proyecto la construcción e implementación de esta herramienta.

Este diseño previo contempla el diseño de las clases necesarias para que el sistema cumpla sus requisitos planteados y el diseño de un modelo lógico de datos que pueda ser aplicable a un sistema de base de datos.

² Bibliografía número [18]

Capítulo II. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Gestión Deportiva

La gestión se define como “La coordinación de los recursos tecnológicos y financieros para que la organización alcance sus objetivos” (Covell y Walker, 2013)³ y los autores agregan que la gestión debe tomar la responsabilidad del desempeño.

Mestre (2013)⁴ define gestión como “el conjunto de acciones encaminadas hacia la búsqueda de los mejores rendimientos en el desempeño de una empresa, organización o institución”, en donde rendimiento se entiende como un equilibrio entre los beneficios y los consumos y/o costos en una amplia gama de ámbitos, no solo en el económico.

En relación al deporte, un primer acercamiento (Sancho, 2013)⁵ se realizó en 1987 por el Comité de Desarrollo del Deporte (CDDS) del Consejo de Europa que definió el término gestión al “proceso mediante el cual se asume la responsabilidad de la planificación y la regulación dentro de una organización de los recursos -personas, manifestaciones o instalaciones- a fin realizar unos objetivos determinados.”

Aplicada al deporte, la gestión se convierte en un proceso que requiere de la actuación, coordinada e interdependiente, de diversos factores que el gestor debe conocer, entre los que destacan:

- Las necesidades y aspiraciones deportivas de la población
- La legislación deportiva y la no deportiva de aplicación al deporte
- Las organizaciones deportivas y sus responsables
- La planificación como método de trabajo
- Los presupuestos (recursos) económicos
- Los programas deportivos
- Las instalaciones deportivas
- Los técnicos deportivos
- La ética y los valores en el deporte
- El medio ambiente y su protección

2.2 Instalaciones Deportivas

En esta categoría los gestores deportivos pueden intervenir en 3 niveles como lo describe el Consejo Superior de Deportes de España (2011)⁶, desde ahora CSD, los niveles son:

³ Bibliografía número [4]

⁴ Bibliografía número [16]

⁵ Bibliografía número [16]

⁶ Bibliografía número [3]

- Planificación: Busca conocer el estado actual de las instalaciones deportivas y cómo ellas satisfacen las necesidades de sus usuarios, finalmente detecta las principales falencias y cómo pueden solucionarse.
- Diseño y construcción: Dada las falencias detectadas y las propuestas de solución planteadas se decide si es necesario construir más instalaciones y de qué tipo. Posteriormente se diseñan y construyen.
- Explotación y gestión: Una vez construidas las nuevas instalaciones es necesario realizar una explotación y gestión que finalmente logre satisfacer las necesidades de los usuarios que no estaban siendo cubiertas, y que fueron detectadas en la etapa de planificación.

2.3 Explotación y gestión de las instalaciones

Lo primero a definir en esta sección es decidir quién se va a hacer cargo de la administración y operación del recinto, para ello existen tres modelos principalmente (CSD, 2011)⁷

- Directa: En donde el propietario del recinto opera las instalaciones.
- Indirecta: Se ceden los derechos de operación a una institución externa. En Chile, el IND utiliza 2 formas distintas de esta administración:
 - Administración por encargo
 - Concesión
- Mixta: En ciertas instalaciones, horarios y actividades se realiza una gestión indirecta. Dentro de las actividades que se pueden delegar a terceros se encuentran:
 - Limpieza, seguridad y vigilancia
 - Mantenciones
 - Administración de bares, kiosco, etc.
 - Organización y desarrollo de actividades o competiciones

Existen una serie de actividades que son realizadas en estas instalaciones que permiten mantener una operación de calidad. Estas actividades se pueden agrupar en tres categorías descritas en el documento "Buenas prácticas en las instalaciones deportivas" de la Federación Española de Municipios y Provincias (2009)⁸, desde ahora FEMP, estas categorías son:

- Recursos Humanos, que contempla:
 - Seguridad laboral en las instalaciones
 - Valoración del clima laboral
 - Gestión de las quejas y gestión de los recursos humanos
- Clientes y usuarios, que contempla:
 - Satisfacción del cliente
 - Gestión de quejas y sugerencias de los clientes y los usuarios

⁷ Bibliografía número [3]

⁸ Bibliografía número [7]

- Instalaciones deportivas y recursos materiales, que contempla:
 - Accesibilidad en las instalaciones
 - Elección y compra de los recursos materiales
 - Mantenimiento en las instalaciones

2.3.1 Mantenimiento en las instalaciones

El mantenimiento se define como “un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de satisfacción y confianza en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones. El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de insatisfacciones y no calidades” (FEMP, 2009)⁹ y entre sus objetivos esta:

- Obtener una adecuada calidad del servicio
- Contribuir a la seguridad e higiene de las instalaciones
- Optimizar la imagen y seguridad ambiental de la instalación
- Evitar, reducir y, en su caso, reparar las incidencias sobre las instalaciones
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación
- Analizar el costo de mantenimiento
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes

Una buena gestión del mantenimiento permite ofrecer servicios de calidad y reducir los costos de la gestión de la globalidad de la instalación. Para lograrlo es necesario desarrollar un plan de mantenimiento, “en la elaboración de un plan de mantenimiento de la instalación deportiva, se han de tratar los siguientes: definición de objetivos, definición de los medios, contratación de servicios externos y financiación del plan. En el plan deberán estar recogidas todas las acciones necesarias para conservar el equipamiento y sus espacios deportivos, en perfecto estado de uso, confort, higiene y seguridad durante todo el periodo de vida útil del mismo, con especificación de las tareas y los recursos en cada caso” (FEMP, 2009)¹⁰.

Este plan de mantenimiento se deben contemplar operaciones tanto de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo; estos tipos de mantenimiento se definen como:

- **Mantenimiento preventivo:** Operaciones de mantenimiento enfocadas a prevenir el deterioro de los equipamientos o materiales de la instalación deportiva. Se incluyen en este campo el mantenimiento técnico-legal y la limpieza.

⁹ Bibliografía número [7]

¹⁰ Ídem

- Mantenimiento correctivo: Operaciones de mantenimiento consistentes en la reparación o reposición de un daño o deficiencia de alguna de las características de los equipamientos o materiales ya producido.
- Mantenimiento predictivo: “es una técnica para pronosticar el punto futuro de rotura o avería de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza”(Labaien y Carrasco, 2009)¹¹.

La principal función de una gestión adecuada del mantenimiento consiste en rebajar el mantenimiento correctivo hasta el nivel óptimo de rentabilidad para la organización, aunque en el mantenimiento no se debería escatimar gastos ya que es una actividad que se relaciona directamente con la calidad, estética y durabilidad de las distintas instalaciones.

Existen dos aspectos trascendentales para que el mantenimiento y su gestión sea todo lo efectivo que se desea:

- Un conocimiento a fondo cada componente dentro de la instalación
- Un equipo humano de mantenimiento que cumpla la misión de
 - Efectuar diariamente las tareas programadas.
 - Atender al orden y limpieza de las dependencias e instalaciones.
 - Atender al control de las instalaciones.

2.3.2 Ingeniería y gestión del mantenimiento

La ingeniería de mantenimiento se basa en la mejora continua del proceso de gestión del mantenimiento al incorporar conocimiento, inteligencia y análisis que sirvan como fuente de información para el proceso de la toma de decisiones del mantenimiento, siempre considerando el resultado financiero y operacional. Busca entregar información a los encargados del mantenimiento y que ellos tomen decisiones basados en ella, algunos ejemplos de las decisiones es la renovación de la estrategia de mantenimiento, la programación y planificación de actividades, una adecuada selección de nuevos equipos, entre otras.

Viveros et al. (2013)¹² considerando las Normas ISO 9001-2008 y características propias de áreas encargadas del mantenimiento desarrolló un diagrama que busca resumir las distintas etapas que comúnmente se vive en la gestión del mantenimiento, este diagrama es conocido como el Ciclo de Trabajo de Mantenimiento.

¹¹ Bibliografía número [11]

¹² Bibliografía número [23]

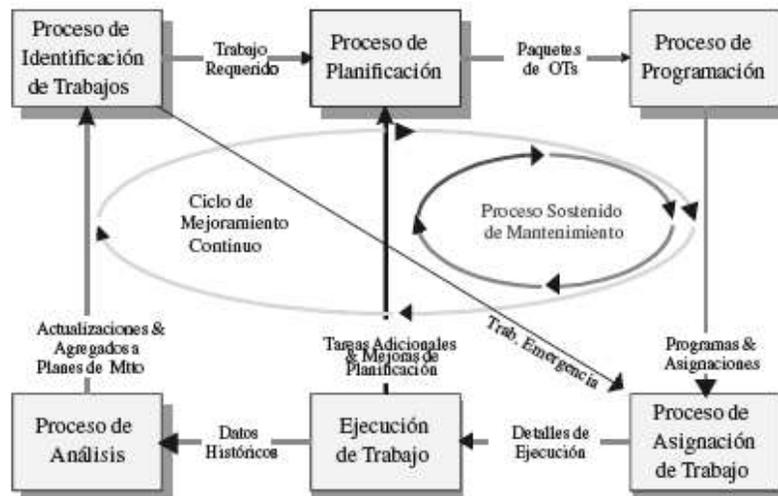


Ilustración 1: Ciclo de Trabajo de mantenimiento. Viveros et al (2013)

En el Proceso de Planificación nace la importancia de definir ciertos parámetros que permitirán evaluar, en el Proceso de Análisis, el ciclo de trabajo. Los parámetros comúnmente utilizados son (Grajales et al, 2006)¹³:

- Tiempo medio entre fallos (TPPF):

$$TPPF = \frac{\# \text{ Horas Disponibles}}{\# \text{ Fallas}}$$

- Tasa medio de reparación (TPPR):

$$TPPR = \frac{\# \text{ Horas en Fallo}}{\# \text{ Fallas}}$$

Con ellos es posible calcular la tasa de falla y la tasa de reparación que se definen como:

- Tasa de fallas:

$$\lambda = \frac{1}{TPPF}$$

- Tasa de reparación:

$$\mu = \frac{1}{TPPR}$$

¹³ Bibliografía número [9]

Además el Proceso de Planificación se definen indicadores del mantenimiento que utilizan estas tasas para su cálculo, algunos de ellos son:

- Disponibilidad: Es la probabilidad de que un sistema o equipo se encuentre operativo cuando se requiera su uso. Este indicador expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir y se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera (Grajales et al, 2006)¹⁴:

$$D(t) = \frac{\text{Horas Disponibles}}{\text{Horas Disponible} + \text{Horas en Fallo}}$$

Que es igual a:

$$D(t) = \frac{TPPF * \#Fallas}{TPPF * \#Fallas + TPPR * \#Fallas}$$

Si se simplifica por $\#Fallas$ y se reemplazan $TPPF$ y el $TPPR$ por:

$$TPPF = \frac{1}{\lambda} \text{ y } TPPR = \frac{1}{\mu}$$

Se obtiene

$$D(t) = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}}$$

y al simplificarlo se obtiene que

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$$

- Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo o sistema desempeñe satisfactoriamente la función que se requiere de él, bajo condiciones específicas de operación, durante un período de tiempo determinado. Este término se expresa comúnmente como una distribución exponencial de eventos, que en este caso son las fallas (Grajales et al, 2006)¹⁵:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

¹⁴ Bibliografía número [9]

¹⁵ Ídem

- **Mantenibilidad:** Es la probabilidad de que un equipo que presenta una falla sea reparado en un determinado tiempo t . Al igual que la confiabilidad se ocupa una distribución exponencial para los eventos, que en este caso son las reparaciones.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

- **Costos Totales:** *Costos RRHH + Costos Mantenimiento + Costos Insumos + Costos por Fallas + Costos básicos de operación*

Los 3 primeros indicadores al tratarse de probabilidades es posible aplicarlos a sistemas que estén compuestos por distintos equipos. El calculo de estos equipos depende del tipo de sistema que este se refiere.

Si es un sistema en serie en donde todos los equipos deben funcionar se calcula los indicadores como la multiplicación de los indicadores de los equipos del sistema, ya que se toma al sistema como una cadena de condiciones que deben cumplirse obligatoriamente, es de decir del tipo "Y".

Para los sistemas en paralelo se consideran eventos de carácter "O" y su expresión es:

$$I = 1 - \sum_i^n (1 - I_i)$$

Por otro lado los avances tecnológicos y la aplicación de ellas al medir y monitorear las actividades del mantenimiento se han logrado grandes avances y el surgimiento del concepto de "E-Maintenance". Este concepto se define como un soporte de mantenimiento que incluye recursos, servicios y/o gestión, factores necesarios para desarrollar la correcta ejecución de un proceso proactivo de toma de decisiones en el área de mantenimiento (Viveros et al, 2013)¹⁶.

Dentro del E-Maintenance han surgido distintas herramientas (softwares) de apoyo a la gestión del mantenimiento, como por ejemplo los CMMS (Computirized Maintenance Management System). Estas herramientas tienen como sus principales ventajas la disponibilidad de información, por ejemplo el control de costos, equipos críticos, repuestos, proveedores, personal o sobre cualquier otro parámetro relevante, gestión de recursos, planificación y control de la ejecución del mantenimiento (Viveros et al. 2013)¹⁷.

¹⁶ Bibliografía número [23]

¹⁷ Ídem

Viveros (2013)¹⁸ propone que un diseño de un software de gestión del mantenimiento posibilita la captura y utilización de una gran cantidad de datos y parámetros y sus principales características operativas deben considerar:

- Creación o conexión con base de datos de las instalaciones
- Almacenamiento y análisis del histórico de operaciones
- Establecimiento de niveles de alarma para determinados parámetros
- Planificación y gestión de tareas, recursos e inventario
- Jerarquización de sistemas y equipos
- Control del estado de cada orden de trabajo y de la ejecución de los programas de mantenimiento preventivo
- Generación de informes.
- Análisis de fallas

2.3.3 Ingeniería de software

El diseño de estos nuevos software usados en el mantenimiento vienen de la lógica de la ingeniería software, que "surge a partir de las ingenierías de sistemas y de hardware, y considera tres elementos claves: que son los métodos, las herramientas y los procedimientos que facilitan el control del proceso de desarrollo de software y brinda a los desarrolladores las bases de la calidad de una forma productiva" (Pressman, 1993 en Maida, EG y Pacienza, 2015)¹⁹.

En la ingeniería de software los modelos son los elementos que se encargan de englobar a los distintos métodos, herramientas y procedimientos y cada uno de estos modelos está compuesto por las siguientes etapas (Maida, EG y Pacienza, 2015)²⁰.

- La obtención de los requisitos del software
- El diseño del sistema de software
- La implementación
- Las pruebas
- La instalación, el mantenimiento y la ampliación o actualización del sistema.

2.3.4 Programación Orientada a Objetos

La Programación Orientada a Objetos (POO) busca describir un modelo del mundo real en un programa de computadora. Este modelo es conformado por distintos objetos que forman parte del dominio del problema. (Barnes, 2007)²¹

¹⁸ Bibliografía número [23]

¹⁹ Bibliografía número [13]

²⁰ Ídem

²¹ Bibliografía número [1]

Los objetos son organizados en clases, que son la abstracción de distintos objetos de características similares. Una clase es la plantilla común de ciertos objetos.

Los objetos poseen tres características importantes: campos, constructores y métodos. En los campos se almacenan datos propios de cada objeto, con los constructores se asegura que cada objeto sea creado correctamente y con los métodos se implementa el comportamiento de los objetos.

Esta programación consta principalmente de dos partes: Análisis y Diseño orientado a objetos (Larman, 1999)²².

El Análisis orientado a objetos pone énfasis en la investigación del problema y en los requisitos, se denomina también como el Análisis de Requisitos o Análisis de Objetos. De él se espera encontrar y describir los objetos y/o conceptos del problema.

El Diseño orientado a objetos se concentra en la solución conceptual del problema estudiado en el análisis previo, en vez de centrarse en su implementación. En esta etapa se presta atención a la definición de los objetos del software y en cómo colaboran para cumplir con los requisitos. De él es posible esperar una descripción del esquema de una base de datos y objetos del software además de los requerimientos. Finalmente estos diseños pueden ser implementados.

2.3.5 Modelo entidad-relación

Este modelo de datos esta basado en una percepción del mundo real, en donde las "entidades" representan objetos básicos de este mundo y sus asociaciones se representan a través de las "relaciones" (Silberschatz et al., 2002)²³.

Su desarrollo se debió a su capacidad para poder representar los significados e interacciones de las empresas u organizaciones a través de un esquema conceptual (Silberschatz et al., 2002)²⁴.

Sus tres principales componentes son: Conjunto de entidades, conjunto de relaciones y los atributos. El conjunto de entidades son todos los objetos representados del mundo real, el conjunto de relaciones son todas las interacciones que estos objetos pueden tener y finalmente los atributos son propios para cada entidad y a través de ellos se conectan las relaciones entre entidades.

²² Bibliografía número [12]

²³ Bibliografía número [18]

²⁴ Bibliografía número [18]

Capítulo III. METODOLOGÍA

Para el diseño de esta herramienta de operaciones y control del mantenimiento se utiliza la siguiente *Metodología de Ingeniería de software para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de información*. (Dirección General de Administración y Tecnologías de la Información, 2014)²⁵.

La metodología que se propone se basa en los 5 pasos generales de la ingeniería de software, pero para este trabajo se utilizan solo las 2 primeras, la obtención de los requisitos y el diseño del sistema.

En esta etapa se utilizará el procedimiento METRICA v.3, este procedimiento utiliza el lenguaje de modelado unificado UML (Unified Modeling Language) propiciado por la OMG (Object Management Group).

Se propone utilizar esta metodología porque permite desarrollar una POO, la cual busca representar la realidad en un modelo de fácil entendimiento que contempla llevar elementos del mundo real a la programación. Además el lenguaje de modelado unificado UML se caracteriza por realizar una descripción bastante visual de la propuesta de diseño por lo que también se facilita el entendimiento de la propuesta.

Este procedimiento está compuesto de 3 fases, las cuales utilizarán para el desarrollo de este trabajo, estas fases son: Análisis de Requisitos, Análisis de clases del sistema y Diseño del sistema, estas etapas serán descritas a continuación. El esquema general de esta metodología es posible verlo en la Ilustración 2.

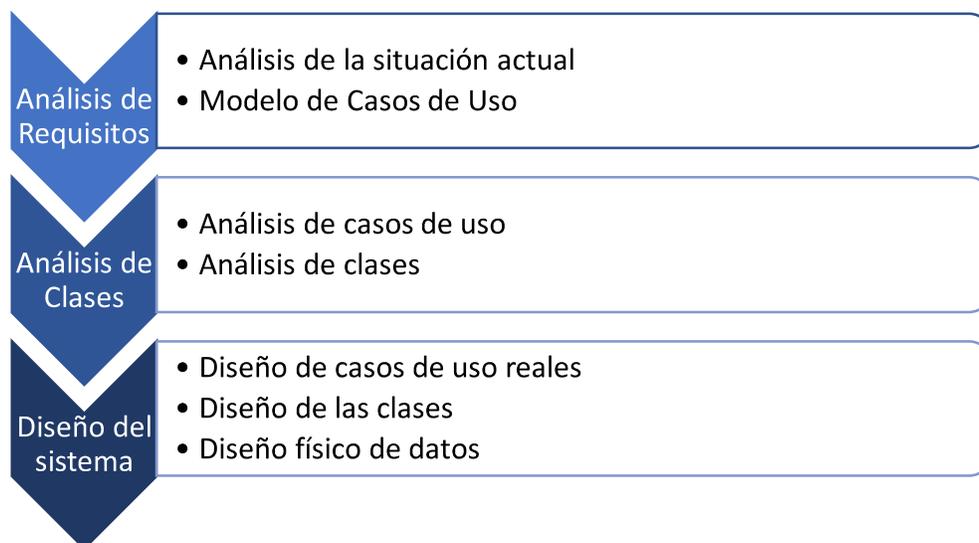


Ilustración 2: Esquema de la metodología a seguir. Elaboración propia.

²⁵ Bibliografía número [5]

3.1 Análisis de Requisitos

Se pone énfasis en la investigación del problema y los requisitos, en vez de ponerlo en una solución (Larman, 1998)²⁶. En esta etapa se busca que el sistema puede "hacer lo correcto" para la mantención del CDJGM. Esta etapa cuenta de 2 fases que se detallarán a continuación.

3.1.1 Análisis de la situación actual

En esta sección se debe realizar una evaluación de los antecedentes iniciales del CDJGM, considerando los equipos y espacios contemplados, las condiciones de contratos pactados y posibles restricciones dada las características de la DDAF. Para ello se utilizan fuentes de información propias al proyecto de construcción como las especificaciones técnicas (EE.TT.) de la obra, además se realizan consultas con personas involucradas al proyecto para así lograr esta descripción de la situación actual.

Además se utilizará una etapa del modelo de gestión de mantenimiento propuesto por Viveros et al. (2013)²⁷, esta etapa es la jerarquización de equipos. En ella se busca discretizar a los activos del CDJGM en base a su criticidad, este término entendido como su nivel de impacto en el sistema global y/o seguridad del sistema.

Para esto se realiza un análisis de criticidad, que es una metodología que permite jerarquizar los procesos, sistemas y/o equipos definiendo el parámetro "criticidad". Este análisis se realizará utilizando el modelo de criticidad semicuantitativo Matriz de Criticidad por Riesgo (MCR).

En este modelo se define:

$$Riesgo = Frecuencia \times Consecuencia$$

Donde la Frecuencia se mide en una escala de 1 a 5 y se utilizará el TPPF como parámetro para construir la escala.

La Consecuencia también se medirá en una escala de 1 a 5, para ella se utilizará la proporción de personas afectadas por la cantidad de mantenimientos que se deben realizar durante un año.

Como no existe en la actualidad el TPPF para los equipos del CDJGM se utilizará solo la Consecuencia en este trabajo, pero es importante incorporar al modelo general el término Frecuencia.

²⁶ Bibliografía número [12]

²⁷ Bibliografía número [23]

Para concluir esta fase se realiza una propuesta de la estrategia de mantenimiento para el CDJGM, en esta estrategia se deben cumplir los 2 siguientes objetivos.

- Determinar los objetivos generales para la mantención del CDJGM.
- Determinar los indicadores claves (KPIs) para la evaluación de los objetivos definidos previamente.

Para después determinar que es lo que se espera del sistema, que se definen como los requisitos. Estos son especificados por los usuarios finales y descritos posteriormente en los Casos de Uso y en el diseño del sistema.

3.1.2 Modelo de Casos de Uso

En esta etapa se confeccionan los Casos de Uso (CU) y el Diagrama de Casos de Uso, la razón de esto es ponerse en los pies de quienes utilizarán este sistema para conocer los objetivos de ellos. Los CU son historias simples del uso del sistema para alcanzar los objetivos. La metodología para escribirlos es:

- Fijar los límites y funciones esperadas del sistema.
- Identificar a los actores, sus funciones y los objetivos de estos actores que estén involucrados en el sistema
- Escribir los casos de Uso: Son la puesta en escena de los casos de uso. En ellos se representa la secuencia de acciones e interacciones entre los actores y la herramienta que se está desarrollando. Existen al menos 2 escenarios dentro de los casos de uso.
 - Escenario principal o de éxito: Se representa la secuencia de acciones que permiten satisfacer lo que se espera.
 - Escenario de fallo: Aquí se describe lo que pasaría si por algún motivo se cometiera un error dentro del uso del sistema.

Finalmente se elabora el Diagrama de Casos de Uso, esta herramienta permite ver todos los casos de usos y actores involucrados, y las relaciones entre ellos.

Para la creación de los CU y del Diagrama de Casos de Uso se utilizan como ejemplo los capítulos 6 y 9 del libro *UML y Patrones* (Larman, 1999).

3.2 Análisis de Clases

En esta fase se aborda el análisis exhaustivo de las clases, o funciones del sistema, que llevarán a cabo la realización de los CU y el cumplimiento de los requisitos definidos.

3.2.1 Análisis de casos de uso

Tras la lectura de los casos de uso se realiza el Diagrama de Secuencia de Sistema (DSS) de UML para cada CU, como referencia se utiliza el capítulo 9 del libro *UML y Patrones* (Larman, 1999) y se utiliza el software Visual Paradigm para su visualización, esto dado a que posee una versión gratuita y posee las funcionalidades que requiere. El DSS es una representación secuencial del escenario de éxito; muestra los hitos que se generan entre los actores, el sistema a diseñar y otros posibles sistemas. Esto permite clarificar ciertos puntos del sistema, por ejemplo: Complejidad, tamaño, coordinaciones, etc.

3.2.2 Análisis de clases

En esta etapa se agrupan los elementos descritos en los casos de uso en distintas clases, todo esto utilizando el Diagrama de Clases de Uso, herramienta que se desarrolla utilizando el Visual Paradigm. Las clases serán distinguidas y agrupadas en las tres capas de la arquitectura, capa de presentación, negocio y datos, y finalmente se crea una clase de uso para cada capa.

Para distinguir las distintas clases de uso se utilizará la metodología *Identificación de frases nominales*, en ella se realiza un análisis lingüístico de los casos de uso para identificar los nombres y frases nominales que podría ser clases de uso. Esta metodología se recomienda en el capítulo 10 del libro *UML y Patrones* (Larman, 1999), capítulo que se utiliza como referente en el desarrollo de esta sección.

3.3 Diseño del sistema

En esta sección se detallan los métodos y atributos necesarios para que la herramienta de respuesta a los requisitos definidos previamente mediante las clases definidas en la etapa anterior.

3.3.1 Diseño de casos de uso reales

Nuevamente se recurre a la creación de Casos de Uso y el DSS, si es necesario se diseñan nuevas clases de uso que estarán orientadas a los métodos necesarios para dar respuesta a los Casos de Uso anteriores. Aquí es posible que surgen 2 clases nuevas de uso: Apoyo y Complementarias.

Este paso consiste en una iteración de la etapa anterior, dada una nueva lectura de los casos de uso y pensar en el diseño propiamente tal se ajusta la propuesta hasta ahora. Para el desarrollo de esta iteración se utilizan los capítulos 10, 11 y 12 del libro *UML y Patrones* (Larman, 1999) ya que en ellos es posible comprender que es lo que cada clase y el sistema en general debe contemplar, lo que permite ajustar lo propuesto.

3.3.2 Diseño de las clases

Se incorporan las nuevas Clases de Uso a las clases anteriormente definidas. En esta etapa también se busca identificar los atributos y las operaciones que cubren las responsabilidades que se hayan identificado anteriormente y los métodos que se implementan en las operaciones.

3.3.3 Diseño físico de datos

Dado los Casos de Uso y las Clases definidas anteriormente, se necesita construir el modelo de datos, en donde se capturen los datos necesarios para su almacenamiento. Para estos se desarrollará un Modelo Lógico de datos el cual consta de un diagrama relacional, para que finalmente para el almacenamiento de estos datos se pueda realizar a través de un modelo entidad/relación en tercera forma normal (3FN) que será construido en el programa Visual Paradigm.

Capítulo IV. ANÁLISIS DE REQUISITOS

4.1 Situación actual

En esta sección se describirán las instalaciones del recinto, los principales sistemas que permiten la operación, los insumos necesarios, las tarifas para los gastos básicos y por último las garantías post entrega.

4.1.1 Instalaciones

El CDJGM se encuentra emplazado en el Campus Juan Gómez Millas, ambas fases del complejo son posibles de observar en la Ilustración 3, es posible ver parte de Fase I a la izquierda de esta ilustración y a la derecha de esta fase se ve el edificio polideportivo que corresponde a la Fase II.

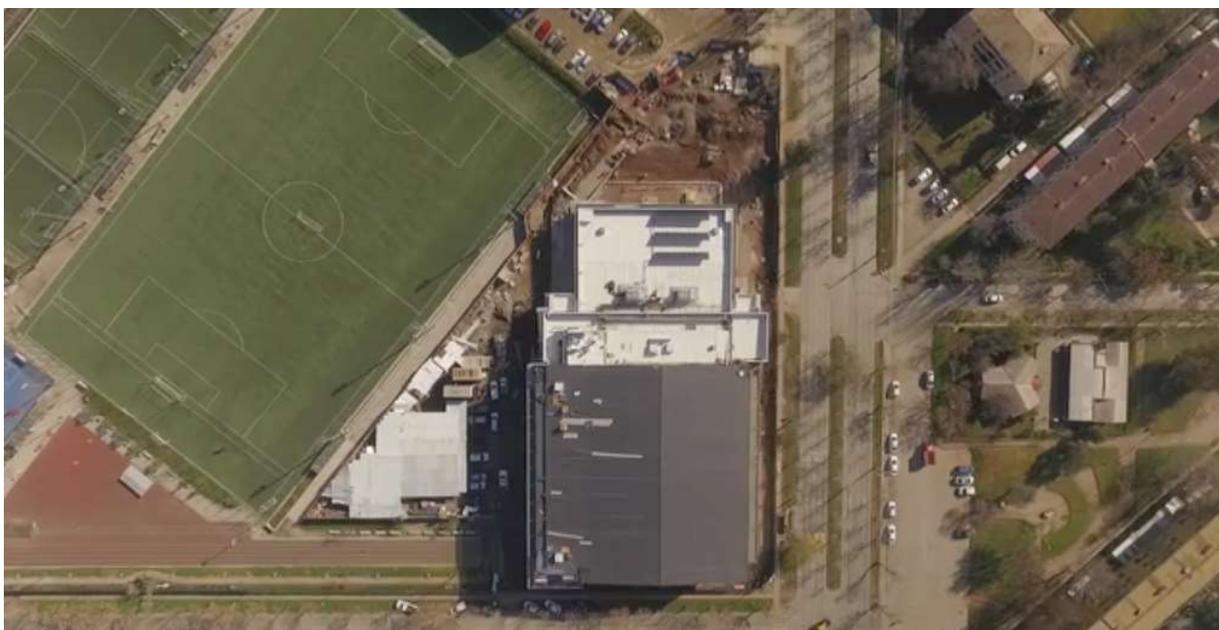


Ilustración 3: Fotografía aérea CDJGM para Julio de 2017. Plan Arquitectos.

Después de leer especificaciones técnicas (EE.TT.), ver los planos de la Fase II, recorrer la Fase I y el edificio en construcción se clasifican las instalaciones del CDJGM en la Fase I y II del recinto y considerando la totalidad de espacios de cada fase es posible observar que la Fase II posee 72,2% de los espacios (44) y esta fase puede recibir un público flotante de 450 personas, como se puede ver en Tabla 2 y el detalle de cada espacio se puede ver en los Anexos A y B.

De estas 61 instalaciones es posible identificar dos grupos, Deportivas y No Deportivas, con 19 y 42 instalaciones respectivamente. Las diferencias entre estos grupos, en términos de uso, es que en las instalaciones Deportivas poseen espacios más amplios y su uso es más prolongado por parte de los usuarios, en cambio en las instalaciones No Deportivas este uso es más breve y concentran a los usuarios en espacios más pequeños.

Espacios	
Espacios Fase I	17
Espacios Primer Nivel	16
Espacios Segundo Nivel	9
Espacios Tercer Nivel	4
Espacios Subterráneo	15
Total	61

Público Flotante	
Fase I	148
Fase II	450
Total	598

Tabla 2: Cantidad de espacios para la Fase I y los niveles de la Fase II. Elaboración propia.

Dentro de estos 2 tipos de instalaciones se puede realizar una subdivisión de 6 grupos para cada tipo, que se puede ver en la Ilustración 2.



Ilustración 4: División de las instalaciones del CDJGM. Elaboración propia

Para jerarquizar estas instalaciones se propone utilizar dos criterios, el primero es la cantidad de personas que reciben semanalmente, siendo este el más importante ya que refleja directamente su uso, el segundo es por el material que está construida la instalación ya que cada uno tiene distintas cantidad de mantenencias, es por esto que el valor de Consecuencia se calcula utilizando el siguiente método:

Primero se calculan los porcentajes de uso a la semana de cada tipo de instalación, se multiplica con la cantidad de actividades de mantención al año y con eso se obtienen el máximo y mínimo de la muestra y este valor se divide en 4 para así obtener el tamaño de cada punto en la escala, este número se define como:

$$d = (\max - \min) / 4$$

y para calcular la consecuencia se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Consecuencia}(x) = \text{redondeo} \left(\frac{x}{d} \right) + 1$$

Dada las estimaciones del flujo de personas que utilizarán estas instalaciones a la semana, donde más que el número importante de magnitud entre ellas, para las instalaciones No Deportivas se obtiene que los Baños y Camarines junto a Circulación obtienen 5 puntos en la escala, siendo estos los más destacados, el resultado general para este tipo de instalaciones es posible verlo en la Tabla 3.

	Personas	Actividades de Mantención	Consecuencia
Baños y Camarines	10.000	5	5
Circulación	10.000	5	5
Estacionamientos	1.000	3	1
Bodegas	100	3	1
Salas de Maquinarias	30	3	1
Sala de Basura	30	3	1

Tabla 3: Estimación de Consecuencia para las instalaciones No Deportivas. Elaboración propia

En el caso de las instalaciones Deportivas es posible observar en la Tabla 4 los distintos materiales con los que están contruidos, en ella se ve que existen 5 tipos. Cada uno tiene distintas tareas de mantención; las que se pueden ver en los Anexos C, D, E y F. Es posible resumir la cantidad de operaciones dada su periodicidad. La fuente de estas actividades de mantenimiento es CSD en su documento "Gestión de las Instalaciones Deportivas. Un camino hacia la sostenibilidad".

Material	Periodicidad de mantención					Total
	Diaria	Semanal	Mensual	Anual	5 años	
Pileta	3	1	2	4	-	10
Plástico	2	-	2	2	-	6
Pasto Sintético	2	1	-	5	1	9
Hormigón	2	-	1	1	-	4

Tabla 4 Cantidad de actividades de mantenimiento dada su periodicidad según Gestión de las Instalaciones Deportivas. Un camino hacia la sostenibilidad (CSD, 2011). Elaboración propia

Utilizando estos parámetros y las estimaciones de personas aproximadas que visitarán el CDJGM a la semana y utilizando el mismo método descrito anteriormente se obtiene que la Piscina obtiene un puntaje de 5, seguido de la Sala 2 Fitness, con 3 puntos, y de la Cancha de Fútbol con 2 puntos, el resto de los puntajes son de 1 para las demás instalaciones, como es posible verlo en la Tabla 5.

N	Espacio	Personas aprox a la semana	% de Personas	Tipo Superficie	Cantidad de mantenimientos	Consecuencia
1	Piscina	1800	18,2%	Pileta	10	5
2	Sala 2 Fitness	1800	18,2%	Plástico	6	3
3	Cancha Polideportiva	800	8,1%	Hormigón	4	1
4	Cancha de Fútbol	660	6,7%	Pasto sintético	9	2
5	Sala 4 - Combate	500	5,1%	Plástico	6	1
6	Sala Multiuso 1 (incluye bodega)	420	4,2%	Plástico	6	1
7	Sala Multiuso 3	420	4,2%	Plástico	6	1
8	Cancha de Futbolito 1	420	4,2%	Pasto sintético	9	1
9	Cancha de Futbolito 2	420	4,2%	Pasto sintético	9	1
10	Cancha de Futbolito 3	420	4,2%	Pasto sintético	9	1
11	Cancha de Futbolito 4	420	4,2%	Pasto sintético	9	1
12	Multicancha 1	300	3,0%	Hormigón	4	1
13	Multicancha 2	300	3,0%	Hormigón	4	1
14	Multicancha 3	300	3,0%	Hormigón	4	1
15	Multicancha 4	300	3,0%	Hormigón	4	1
16	Multicancha 5	300	3,0%	Hormigón	4	1
17	Multicancha 6	300	3,0%	Hormigón	4	1
18	Pista de 110 metros	14	0,1%	Hormigón	4	1
19	Foso de Atletismo	2	0,0%	Hormigón	4	1

Tabla 5: Instalaciones deportivas del CDJGM, su flujo semanal de usuarios estimado y su valor de Consecuencia asignado. Elaboración propia.

4.1.2 Sistemas

En esta sección se describen los sistemas del CDJGM: Piscina, Ascensor, Sanitario, Clima, Electricidad y Seguridad; sus componentes y los sistemas de información que se instalarán y finalmente se mostrará un esquema como estos sistemas se conectan en su operación. Todo esta descripción proviene de la lectura de las EE.TT. y los planos y las consultas a los responsables de la obras como los Inspectores Técnicos de Obra (I.T.O.) y personal a cargo de la constructora.

El sistema más simple es el Ascensor que será un dispositivo Marca OTIS modelo GeN2-Regen que se conecta simplemente al sistema eléctrico.

El sistema Piscina está compuesto por tres partes: Deshumificador, Filtrado e Impulsión y Clorinador.

El Deshumificador es el sistema encargado del tratamiento del ambiente de la piscina y con él se regula la húmeda del ambiente entre otras actividades. Para este sistema se proyecta que se instalará una bomba marca Astral o CIATESA modelo BDP-82+F con recuperador de calor y con tratamiento térmico del aire y los requerimientos de agua de calefacción de esta unidad serán atendidos por la bomba de calor, que es parte del sistema de Climatización.

Además para el calentamiento del volumen de agua de la piscina, el equipo contará con batería de respaldo para agua de piscina, batería de respaldo para aire de piscina, entre otras características que permitan el funcionamiento de la piscina en caso de alguna falla menor.

El sistema Filtrado e impulsión se hace cargo de la circulación del agua de la piscina y su filtrado, para él se utilizarán de 2 filtros Marca Astral modelo Vesubio con salida lateral, que poseen un sistema de limpieza a través de retrolavados, en conjunto un equipo de bombeo compuesto de 2 bombas con prefiltro incorporado marca Astral modelo Aral SP-3000 más un estanque de compensación de 31,5 m³.

Estos equipos se conectarán con el Clorinador, que es el encargado de mantener los niveles de cloro requeridos por la norma, para este sistema se utilizará el Clorinador de sal Serie APR-3 Astralpool que funciona en conjunto a una celda o electrodo, este aparato cuenta con un período de garantía total de 2 años, calculado a partir del momento de la entrega al comprador y el electrodo está cubierto por una garantía de 2 años o 4.000 horas de funcionamiento. El Clorinador APR posee características de diagnóstico y seguridad para facilitar el mantenimiento del sistema.

El sistema en su conjunto se puede ver en la siguiente ilustración 3.

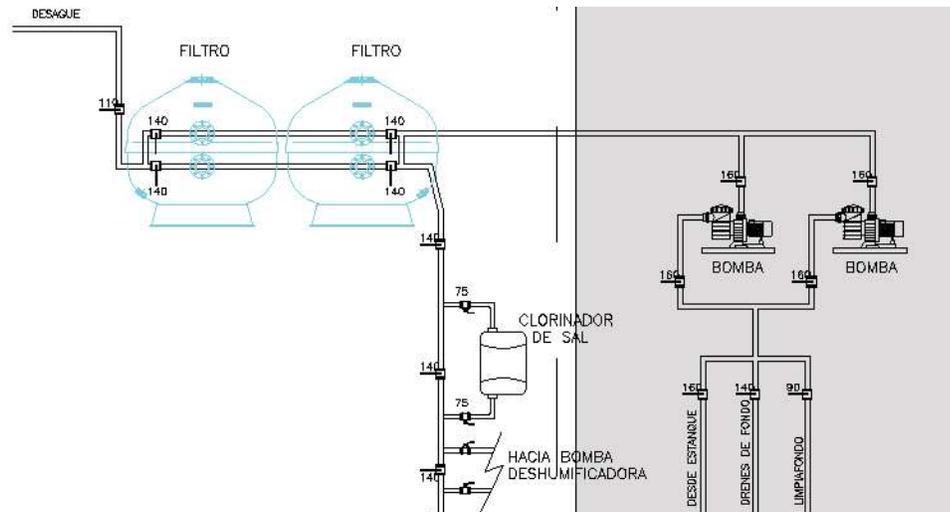


Ilustración 5: Sistema de Filtrado e Impulsión de la Piscina del CDJGM. Planos del Proyecto.

El sistema sanitario posee dos subsistemas de vital importancia, Agua potable fría y Aguas servidas. El primero de ellos se encarga de acumular e impulsar agua potable a todos los lugares necesarios del sistema, para ello contempla la construcción de un 2 estanques de 21,9 m³ cada uno con sensores para el nivel mínimo y el nivel máximo permitido, estos sensores están conectados al tablero eléctrico, que permiten realizar un llenado automático. Estos estanques se conectan con un sistema presurizado compuesto por 4 bombas, 3 en funcionamiento y 1 apagada, marca Pedrollo modelo CP220B.

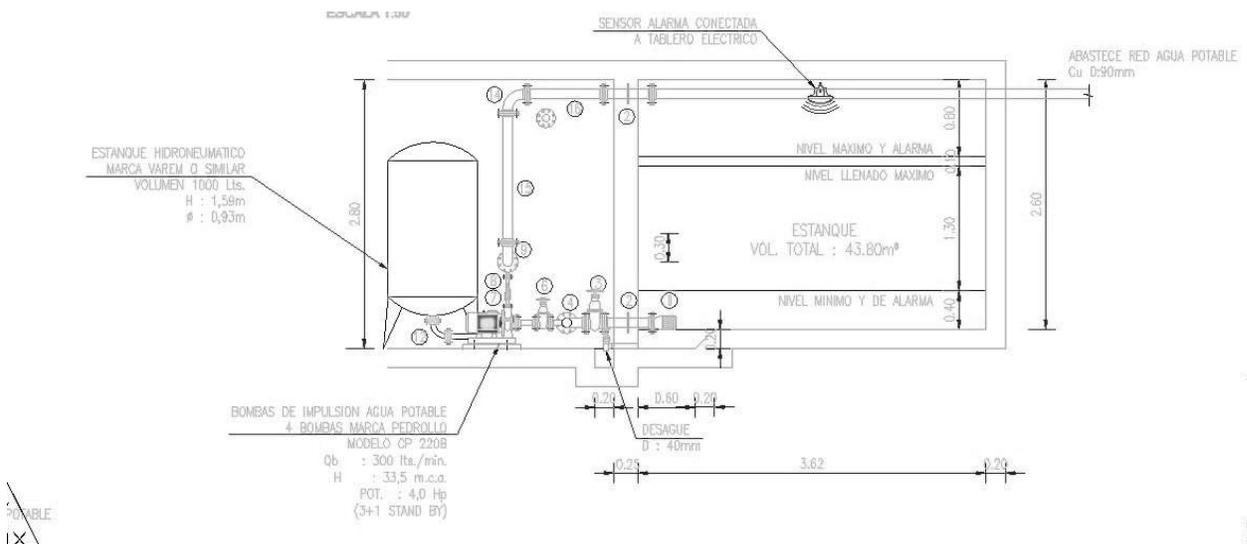


Ilustración 6: Sistema de Elevación de Agua Potable del CDJGM. Planos del proyecto

Para el subsistema de Aguas servidas se construirá una planta elevadora en el subterráneo del polideportivo, esta planta contará con un sistema de impulsión de 2 bombas, 1 encendida y 1 apagada, marca Lovax modelo DX1000 junto a un sector de piscina cámara con bomba sumergible.

Para la mantención de la red, consistirá en revisiones periódicas para la detección de fugas o daños a la instalación, equipos, etc., labor que deberá ser realizada por los propios operadores de la planta.

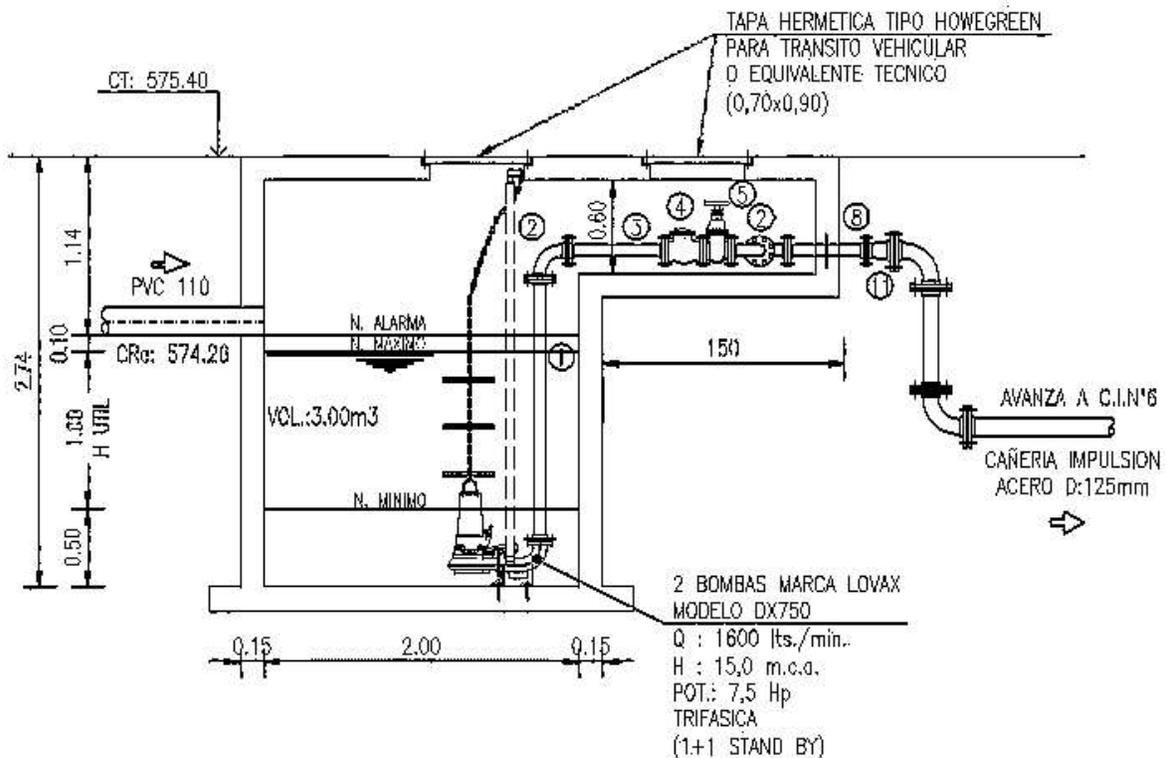


Ilustración 7: Sistema de Elevación de Agua servidas del CDJGM. Planos del proyecto

El sistema eléctrico es de vital importancia ya que en él se contemplan todos los paneles que permiten tener un control interno de los sistemas, por esto tras la entrega la constructora deberá proveer 3 juegos de manuales de operación y mantenimiento de cada equipo o conjunto de tableros provisto por el instalador.

El sistema eléctrico se encarga de que todas las conexiones funcionen y para casos de emergencia posee un grupo generador que se encontrará en condiciones de arrancar y tomar la carga del tablero general en forma inmediata, con un plazo máximo de 6 segundos. El funcionamiento de este grupo permite una autonomía de 8 horas a plena carga y es en base a un motor Diesel, el contratista proveerá el combustible en una primera instancia. El funcionamiento de este generador y la distribución de emergencia se realizará a través de un sistema de arranque y transferencia.

Continuando con el proyecto Clima, este utilizará un sistema de climatización en base a 2 unidades chiller, los que se emplazarán en la cubierta del nivel 2 del edificio y desde allí distribuirán el agua fría o caliente a los diferentes terminales diseñados.

Una unidad será polivalente para las cargas de climatización y calefacción, con apoyo a la producción de agua caliente (Chiller-01), y la segunda será Sólo Calor dedica a la producción agua caliente para suministro de duchas (Chiller-02). Complementario a estos equipamientos, se integrará un conjunto de paneles solares para aporte en la producción de agua caliente. Estos elementos poseen distintas herramientas tecnológicas que permiten llevar su monitoreo como se verá a continuación.

Para el Chiller-01 se tendrá un tablero eléctrico cerrado que contempla: microprocesador, módulo de diagnóstico digital de operación y fallas, cuadro de ajuste de temperatura salida del agua, etc. En el caso del Chiller-02 se contempla una bomba de calor reversible diseñado para la instalación en el exterior. La producción de agua de alta temperatura para la calefacción central y el uso doméstico tendrá incluido el controlador W3000, este dispositivo está diseñado para ser utilizado a través de un teclado que cuenta con controles de funciones y una pantalla LCD completo para la visualización de los datos y la activación de la unidad, a través de un menú de varios niveles, con idioma de la pantalla ajustable.

El controlador W3000 permite llevar un control de la temperatura para los sistemas de calefacción en las habitaciones con aire acondicionado, así como para el agua caliente sanitaria. Estas diferentes temperaturas son manejadas automáticamente en función de las diferentes condiciones en las que opera el sistema, con la posibilidad de asignar niveles específicos de prioridad a la producción de agua caliente sanitaria, en función de las necesidades de la aplicación. También genera distintos diagnósticos que incluyen la gestión de alarmas por completo, con funciones de "caja negra" (a través del PC) y registro de alarmas (visualización o PC) para el mejor análisis de la conducta de la unidad.

Los Paneles Solares tendrán las características del captador solar marca Baxi modelo SOL 250V, los cuales suministrarán el agua a una bomba de recirculación con regulación electrónica.

Además, se desarrollará un Centro de Control Electrónico Cuadro eléctrico de Potencia y Control que permitirá llevar el control y la vigilancia en forma remota a través de una conexión por cables, señalando cualquier anomalía posible de los circuitos de refrigerante. Llevará un reloj que ofrezca las siguientes posibilidades de control con programas horarios independientes: Puesta en marcha/parada de la unidad.

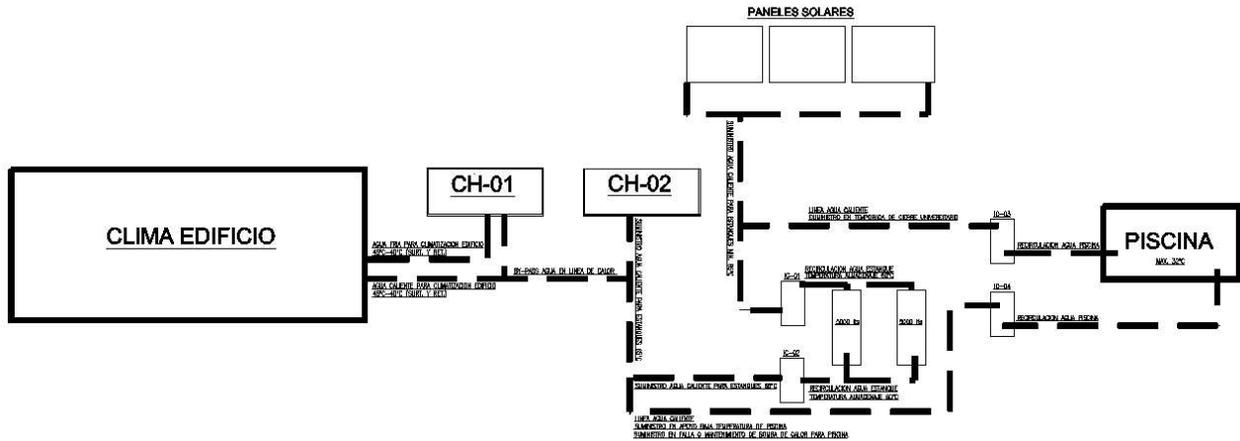


Ilustración 8: Sistema de Climatización y Agua Caliente del CDJGM. Planos del proyecto

Para la seguridad del recinto existe un sistema conformado por tres subsistemas, Sistema de Seguridad Contra Incendio, Sistema de Seguridad Contra Robos y Vandalismo y Sistema de Vigilancia.

En el Sistema de Seguridad Contra Incendio se instalará un sistema de Detección de Incendios inteligente de acuerdo a las exigencias de la norma NFPA 72 revisión 2007. En el sistema los sensores definidos como inteligentes deberán tener la habilidad para reportar su estado de detección analógico y con esa información la Central de Alarmas deberá ser capaz de discriminar entre una condición de Alarma, una condición de Pre-alarma, una condición de Alerta de Mantenimiento o una condición de Falla y será capaz de entregar información en pantalla del tipo número de la zona, del tipo de activación, de la hora y fecha en que ocurrió.

Ante una condición de alarma el sistema de detección deberá efectuar al menos los siguientes comandos: parada de todos los equipos de inyección de aire acondicionado; inicio del proceso de audio evacuación automático pregrabado o en directo de forma manual. Partida de los ventiladores de extracción de aire en las zonas que estén instalados y según la zonificación definida. Además el sistema deberá tener su propia Fuente de Poder No-Interrumpida (FPNI), que le permita una operación continuada durante 24 horas como mínimo sin energía de la red pública, y después de lo cual el sistema deberá ser capaz de funcionar a plena capacidad por 10 minutos.

Este sistema será controlado a través de un panel de control que puede ser manipulado con un software que permita modificar la programación del sistema.

Además se instalará un Sistema de Extinción de Incendio que cuenta con una red húmeda la cual consistirá en una red de cañerías que recorren todo el edificio, esta red se conecta a un sistema de bombas de impulsión de agua, con una reserva en estanques con capacidad para operar todo el sistema de combate de incendios por un período de tiempo de una hora como mínimo, a plena capacidad y una red de extintores que deben ser mantenidos una vez por año.

El Sistema de Seguridad Contra Robos y Vandalismos contempla un Sistema de Control de Acceso que permite llevar el control de vehículos y de personas. El Sistema de Control de Acceso para los vehículos está pensado para los vehículos que pasen a los estacionamientos subterráneos desde el nivel de calle. Este control de acceso deberá disponer de lectoras de proximidad con tarjeta magnética para los vehículos que ingresen en el recinto. Para evitar el cierre de la barrera mientras este el auto en ella se instalarán bobinas para detección de presencia enterradas en pavimento. El sistema deberá almacenar la información del auto o persona autorizada, hora, fecha, etc.

El Sistema de Control de Personas estará compuesto por controladores donde cada unidad controlará una o más barreras o puertas. Todas las unidades controladoras estarán conectadas en red y terminadas en un computador desde donde se manejará el sistema, en el computador se instala un software que permite actualizar la base de datos de usuarios, modificar los parámetros del sistema, emitir reportes históricos y de la base de datos, desplegar información en pantalla tanto de la base de datos como gráfica. Este computador almacenará en un disco duro la información generada en los paneles controladores por las lectoras y sensores de alarma, con hora y fecha, de modo que sea posible la emisión de reportes históricos de las transacciones almacenadas.

Por último, el Sistema de Vigilancia contará con un Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) que permitirá una visualización simultánea de los accesos y otras áreas de interés. El sistema deberá ser capaz de vigilar la propiedad tanto de día como de noche, para lo cual se adecuará también la iluminación interior de las áreas que se desean vigilar. A su vez es posible realizar el monitoreo a distancia de las cámaras vías telefonía celular, en equipos que indique la administración del campo deportivo.

Deberá incluirse un sistema de alarma de intrusión de contacto y/o apertura de puertas y cortina de acceso a estacionamientos. Estas deberán estar conectadas a la central de alarma, desde donde se podrá detectar el lugar exacto de alerta y reactivar su funcionamiento. El sistema se activará de manera automática mediante la definición de horarios de funcionamiento, no obstante podrá desactivarse de manera manual en caso de requerir acceder en caso de emergencia o rondas del personal de vigilancia.

Dados todos los sistemas descritos anteriormente se puede realizar el

siguiente esquema donde es posible ver las interacciones entre ellos y las distintas fuentes de información de la operación del CDJGM.

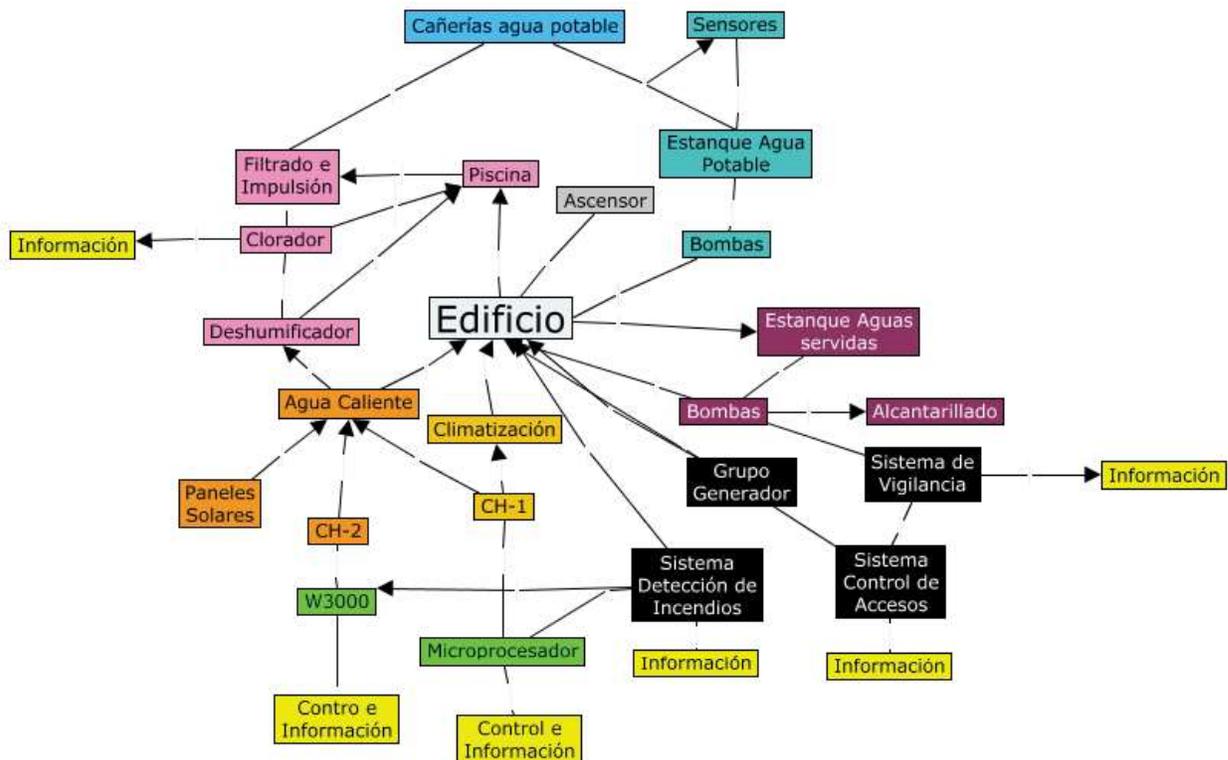


Ilustración 9: Resumen de sistemas del CDJGM y sus interacciones. Elaboración propia

4.1.3 Insumos

Tras una estimación previa ya realizada por el autor de este documento y validada por parte de la DDAF, dadas las características del CDJGM y las tareas de mantenimiento a realizarse se propone agrupar los insumos necesarios para un correcto funcionamiento en 5 grupos:

- Mantenimiento Piscina: en este ítem se contempla la sal y celdas para el clorinador, sube o baja PH, etc.
- Limpieza: insumos necesarios para mantener el estado de limpieza del CDJGM, tales como limpia pisos, limpia vidrios, etc.
- Higiénicos: Jabón, confort, etc.
- Oficina: Hojas, post-it, etc.
- Deportivos: Balones, mallas, etc.

El gasto en insumos para el CDJGM se espera que fluctúe entre los \$10 y \$14 millones, sin considerar a los insumos deportivos ya que no se posee información de ellos, este resultado se obtiene de una estimación que toma como referencia las compras actuales de la Fase I y los insumos utilizados en las instalaciones deportivas y no deportivas del edificio de la FCFM ubicado en Beaucheff 851.

El ítem que más gastos genera son los insumos de piscina, donde el insumo crítico es la sal necesaria para la cloración ya que presenta la mayor cantidad de gasto y de no contar con él se pone en peligro la salud de los asistentes. La distribución de los gastos se puede ver en el gráfico 2.

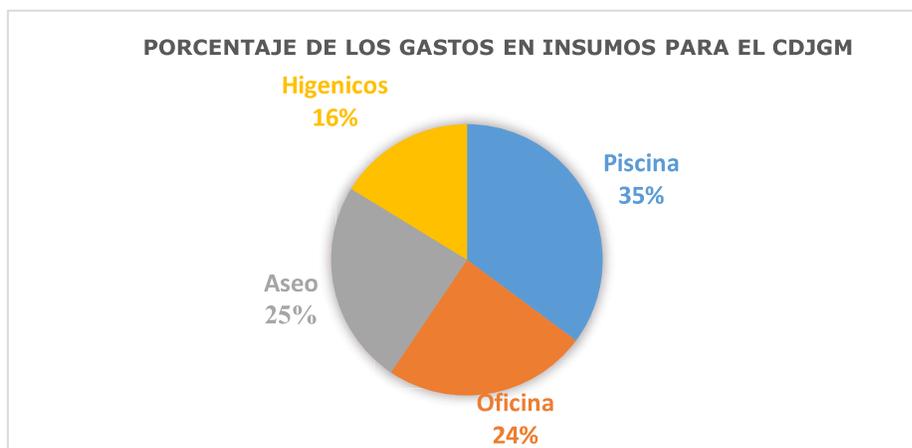


Gráfico 2 Estimación de los gastos en insumos para el CDJGM. Elaboración propia

4.1.4 Gastos básicos

Para cada fase del recinto existen distintas maneras de realizar los cobros y cubrir las necesidades de gastos básicos como lo son la luz, el agua y el gas.

Tras consultar al jefe de operaciones de la Fase I se comprende que para la Fase I se necesitan los 3 insumos básicos, para el gas existe un balón de 1000 litros que es rellenado cuando se requiera. En cuanto a la luz existe un medidor propio para esta fase y se tarifa utilizando la norma A.T. 4.3.

Para el cobro del agua existe un medidor que registra el consumo de una zona del campus y que es parte de la Facultad de Ciencias Sociales, pero existen medidores propios del campus que permiten calcular el consumo por parte de la Fase I, por lo que periódicamente se revisan estos medidores para dividir la cuenta de agua y es cobrada la parte que le corresponde a la DDAF.

En la Fase II no es necesario el uso de gas, para el agua y la luz existen medidores por lo tanto los cobros serán directamente hechos a la DDAF. Las tarifas para el agua son las correspondientes al grupo I, esto dado la ubicación del campus, y los cobros que se realizarán son debido:

Motivo del cobro	
Metros Cúbicos consumidos	Consumo de Agua Potable horario no punta
Cargo Fijo	Tratamiento de Aguas Servidas
Consumo de Agua Potable	Recolección de Aguas Servidas

Tabla 6: Motivos de cobro correspondientes al grupo I designado por Aguas Andinas. Elaboración propia.

Para el caso de la luz la tarifa A.T.4.3. contempla los siguientes cobros, fuente Enel:

- Cargo fijo mensual: Lectura de medidores, Facturación, Reparto de boletas y facturas y Recaudación y atención de nuestros clientes.
- Cargo por energía: Es el resultado de la potencia consumida.
- Cargo mensual por demanda máxima leída de potencia en hora punta: Es el resultado del consumo máximo entre los meses de abril y septiembre. El resto de los meses, se factura el promedio de las dos demandas más altas registradas durante las horas punta en los 5 meses de invierno en los cinco meses de invierno anterior.
- Cargo mensual por demanda máxima de potencia suministrada: Es el resultado del promedio de las dos demandas más altas registradas en los últimos 12 meses inmediatamente anteriores, incluido el mes que se factura.

4.1.5 Entrega

Una vez que el CDJGM sea entregado existen 2 tipos de garantías que estarán en vigencia, esta información proviene de una reunión con el encargado de post-venta de constructora:

- Las garantías propias de la Ley de Urbanismo y Construcciones que contemplan que la constructora, en este caso Pitágora, debe cubrir:
 - 3 años en las terminaciones como por ejemplo: instalaciones de cerámicas o vidrios.
 - 5 años en las instalaciones internas como por ejemplo el cableado eléctrico o las instalaciones de tuberías.
 - 10 años en la estructura del edificio que considera problemas como fallas en los pilares o cimientos de la instalación.
- La garantía de 1 año para las piezas que conforman el complejo por parte de la Constructora Pitágora, esta garantía cubre problemas de ruptura de piezas en los distintos sistemas internos o en las instalaciones.

Una vez entregado el recinto las mantenciones corren por parte del mandante, en este caso la DDAF, y de parte de la constructora se recomienda contratar los servicios de mantención de los instaladores, pero esto depende completamente del mandante.

4.2 Estrategia de mantenimiento

Dados los objetivos del CDJGM se proponen los siguientes objetivos del mantenimiento:

- Mantener a disposición el mayor tiempo posible y a un nivel adecuado las instalaciones.
- Maximizar la vida útil de los elementos del CDJGM, si y sólo si aún pueden realizar sus funciones de buena manera.
- Optimizar los costos del mantenimiento para cumplir los objetivos anteriores.

Con lo cual se propone utilizar los siguientes indicadores conocer el cumplimiento de estos objetivo:

- Disponibilidad, ya que es un indicador para primer objetivo propuesto.
- Confiabilidad, ya que permite conocer cual es el estado de los equipos, sistemas e instalaciones.
- Mantenibilidad, ya que es posible estimar el tiempo de reparación de una falla.
- Costos Totales, para poder controlarlos y optimizarlos.

4.3 Requisitos

Dado la situación actual del CDJGM, la estrategia de mantenimiento propuesta y tras conversaciones con el director de la DDAF, el jefe de operaciones para la Fase I y II del complejo y el encargado del mantenimiento del edificio del recinto para que el sistema propuesto pueda generar un beneficio al usarlo en el campo deportivo este debe facilitar:

- El manejo de insumos y repuestos menores, ya que la posible falta de estos insumos afecta directamente al estado de las instalaciones. Para ello se espera realizar:
 - Registros de ingresos y salidas.
 - Cálculo de punto de pedido, tamaño óptimo de pedido y stock de seguridad para poder generar alertas y beneficios económicos.
- La visión y control de la operación de los equipos, se espera tener:
 - Catastro de los equipos del recinto.
 - Categorizar equipos por su grado de criticidad.
 - Calcular indicadores de su operación.
 - Registro de fallas, su descripción, inicio y reparación.
- La visión y control de la operación de Sistemas:
 - Los equipos pueden ser agrupados en sistemas y con esto se pueden calcular los indicadores del mantenimiento para los distintos sistemas del recinto.
- La visión y control de la operación de Instalaciones:
 - Las instalaciones poseen sistemas los cuales poseen sus distintos indicadores que, agrupándolos de manera correcta, permiten calcular estos indicadores para cada instalación.

- Revisión de actividades del mantenimiento preventivo:
 - Existe una lista de actividades de este tipo, dependiendo del equipo, que deben ser realizadas para cumplir con el plan de mantenimiento para así aumentar la vida útil de los equipos.
- Revisión del cumplimiento del plan de mantenimiento, ver su calendarización o al menos tareas a realizar en el mes y su encargado o responsable.
- Tener un registro de proveedores de insumos y repuestos a los cuales es posible comprar sus productos.
- Tener un registro de contratos de servicios firmados por la DDAF para así poder monitorear su vencimiento y que actividades es responsable el proveedor.
- Asignación y control de costos, los cuales se dividen en:
 - Costos RRHH
 - Ingresar Sueldos mensualmente
 - Costos Mantenimiento
 - Ingresar los costos de los mantenimientos preventivos
 - Ingresar los costos de mantenimientos correctivos
 - Costos Insumos
 - Registros de las ordenes de compras
 - Costos por Fallas
 - Depende del valor oportunidad perdido por no usar el espacio
 - Costos básicos de operación
 - Luz y agua

4.4 Casos de uso y Diagrama de casos de uso

Dados los requisitos definidos se definieron 21 casos de uso que representan, en forma de relato, las distintas actividades que se pueden realizar entre la herramienta y los usuarios. Para construcción de los CU se utilizó como ejemplo los capítulos 6 y 9 del libro *UML y Patrones* (Larman, 1999), pero el relato y la descripción de los escenarios es creación del autor de este documento.

Los 21 casos pueden ser unidos en un Diagrama de casos de uso que debe representar los requerimientos funcionales del sistema. Lo primero que el usuario debe hacer ingresar al sistema para ello utiliza la función *Login* que cumple su objetivo cuando se logra ingresar al sistema para hacer uso de él. Posterior a él es posible realizar 8 actividades.

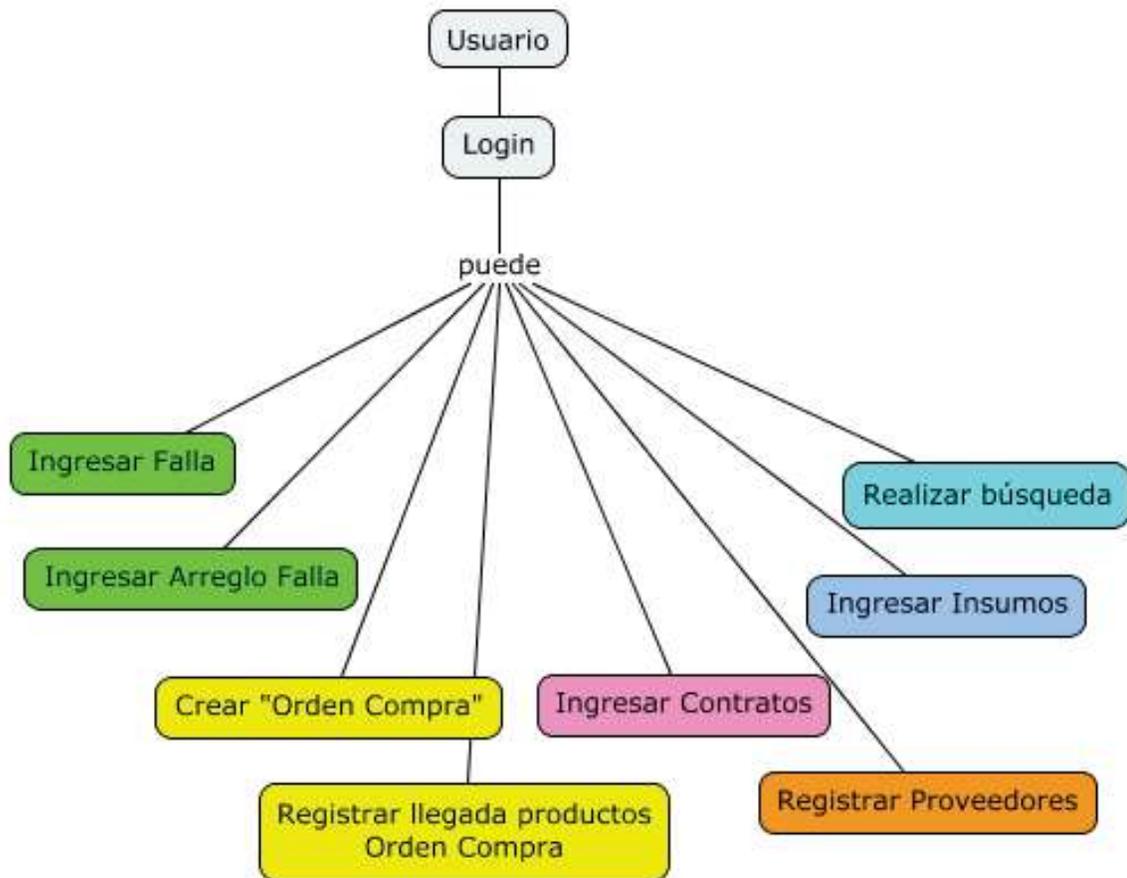
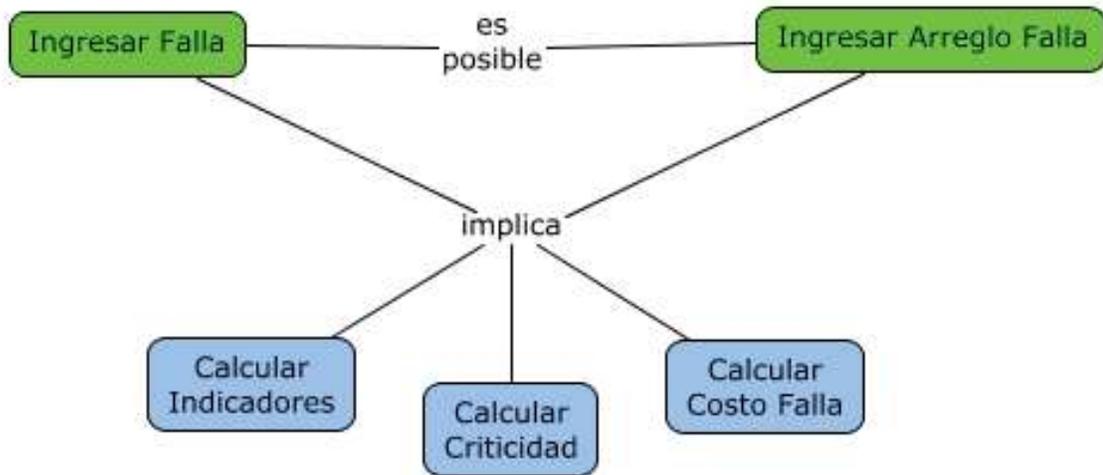


Ilustración 10: Asociaciones del Caso de Uso *Login*. Elaboración propia

Cada una de estas actividades tienen un objetivo y una consecuencia dentro del sistema, las cuales pasarán a ser explicadas.

Las funciones *Ingresar falla* e *Ingresar arreglo de falla* deben registrar la falla, dejando de registro de la fecha y el sistema que posee la falla y registrar con éxito el arreglo de una falla que fue creada anteriormente, a ella se le asocia un tiempo de reparación y un tiempo logístico, además de un costo. Tras la ejecución de estas funciones se activan otras 3, las cuales se ven la ilustración 10.



**Ilustración 11: Asociaciones del Caso de Uso *Ingresar falla* e *Ingresar arreglo de falla*.
Elaboración propia**

Estas 3 funciones son terminales, realizadas por el sistema y cada una de ellas busca cumplir con lo siguiente:

- *Calcular los indicadores*: cálculo de los indicadores claves y es posibles desplegarlos.
- *Calcular Criticidad*: Se calcula la Frecuencia y la Consecuencia de un equipo o instalación para luego estimar su nivel de Criticidad.
- *Ingresar Costos*: Se calculan y asignan los costos a los distintos elementos del complejo.

Siguiendo con otras actividades, es posible ingresar distintos elementos que pertenecen a la operación del recinto y se relacionan con la cuantificación de los costos, como lo son:

- *Ingresar Contratos*: Registrar los contratos de servicios externo al recinto relacionados con la mantención, incluyendo sus actividades.
- *Ingresar Proveedores*: Registrar los datos de los proveedores y que insumos son capaces de entregar.
- *Ingresar Insumos*: Registrar los insumos utilizados, en que cantidad y cuando son utilizados en el recinto.
- *Ingresar "Orden Compra"*: Tener un registro de las compras realizadas durante la operación del recinto y sus fechas para obtener estadísticas.

Al Ingresar "Orden Compra" es posible que se ejecute Registrar Llegada de productos Orden Compra, donde el objetivo es registrar la llegada de los insumos de la orden de compra correspondiente y con ello poder Actualizar Insumos, que busca actualizar la cantidad de insumos en inventario, y Registrar Costo.

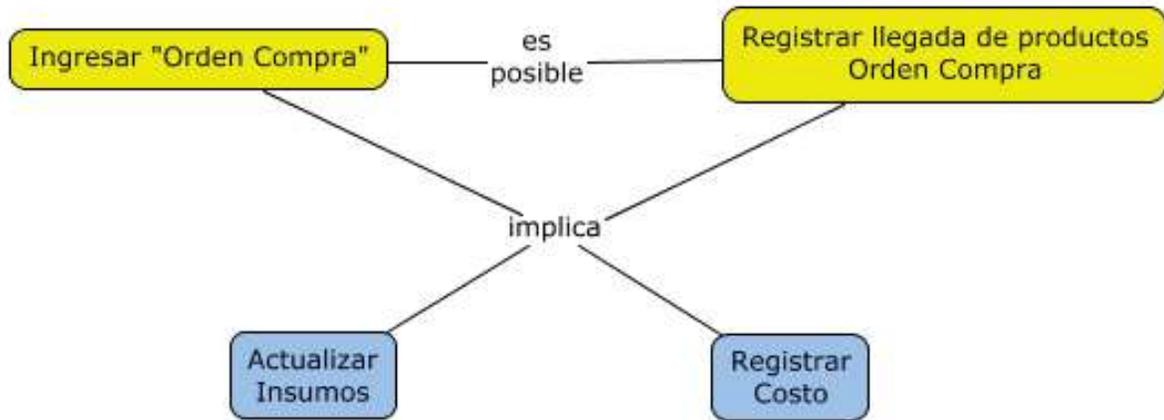


Ilustración 12: Asociaciones del Caso de Uso *Ingresar "Orden Compra"* y *Registrar llegada de productos Orden Compra*. Elaboración propia

Finalmente está la función *Realizar búsqueda* permite acceder a todo el contenido histórico y actual del sistema, en él se puede acceder a través de una búsqueda por: contratos y garantías, equipos, sistemas, instalación, insumo o repuestos, proveedores y plan de mantenimiento. Además se espera que el sistema genere alertas de tres tipos: Contratos, cuando un contrato esté próximo a su vencimiento; Insumos, cuando se estime que es posible que se genere un quiebre de stock, y Mantenciones, cuando estas pertenezcan al plan de mantenimiento y se deban realizar.

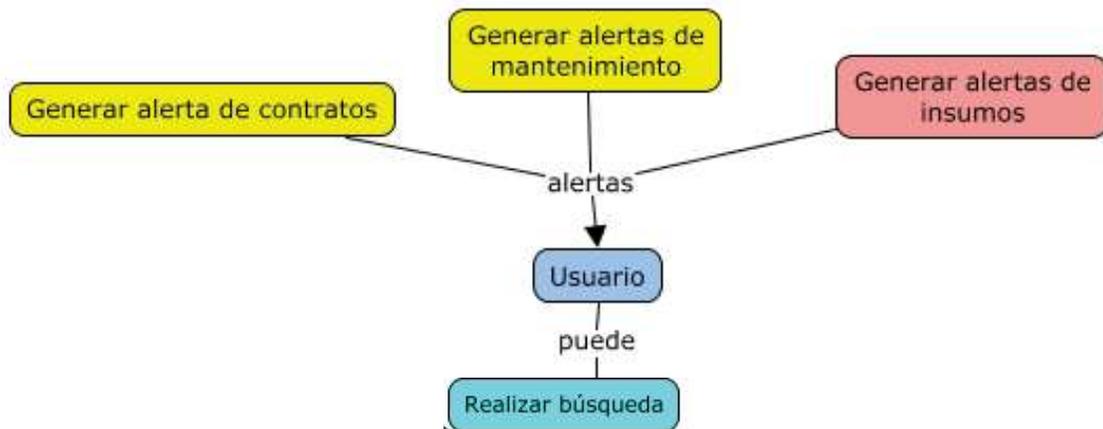


Ilustración 13: Asociaciones de Caso de Uso *Revisar*. Elaboración propia

Capítulo V. ANÁLISIS DE CLASES

En esta sección se presentan 2 etapas de la metodología que fueron realizadas de manera paralela: La creación de los Diagrama de Secuencia de Sistema y una primera definición de las Clases del sistema. Para la realización de ambas etapas la principal fuente de información fue la lectura de los CU diseñados anteriormente.

5.1 Diagrama de Secuencia de Sistema

Tras la realización de los DSS para los 21 CU, mediante su lectura y utilizando como base el capítulo de 9 del libro *UML y Patrones* (Larman, 1999), propuestos es posible realizar una identificación preliminar de las distintas funciones que el sistema debería poseer y agruparlas dentro de las distintas capas del sistema; presentación, negocio o datos.

Es posible ver un ejemplo de los DSS en la Ilustración 14, este DSS refleja la secuencia de actividades en el sistema para el CU de *Ingresar falla*. En el están presentes ejemplos de funciones para las tres capas del sistema.

Para la capa de presentación nos encontramos con *CrearFallo* y *MostrarDatos*, para la capa de negocios nos encontramos con *CalcularTiempoEstimado* y para la capa de datos nos encontramos con *RegistrarFallo*.

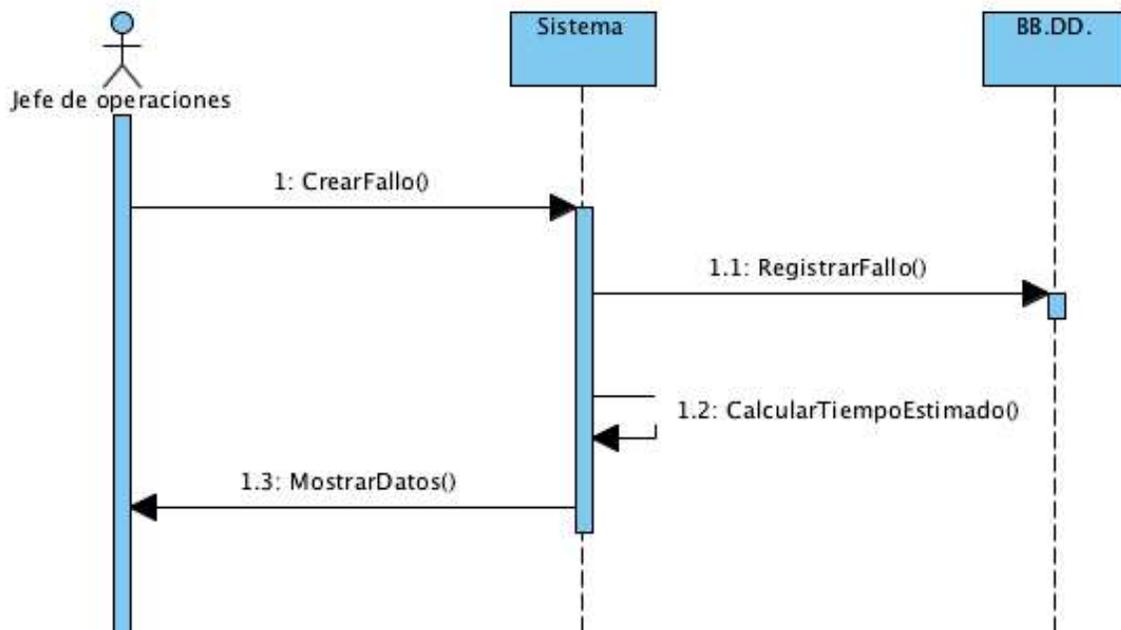


Ilustración 14: DSS del Caso de Uso Buscar Proveedores. Elaboración propia

Al realizar este ejercicio con los 21 casos de uso propuestos es posible construir las siguientes tablas en las cuales se dividen todas las funciones esperadas para el sistema en las tres capas del sistema.

Con estas funciones es posible asignarlas a las distintas clases del sistema para así tener claridad de lo que se desea se puede realizar en cada capa de la herramienta

La Capa de Presentación opera directamente con los usuarios del sistema, recoge sus entradas y ejecuta sus distintos órdenes.

Capa de Presentación			
MostrarAlerta	MostrarFalla	MostrarEquipo	RevisionCostos
Seleccionar	IngresarReparacion	BuscarOT	DatosInsumo
IngresarContrato	CrearFallo	MostrarOT	AjustarTrabajos
Buscar	IngresarDatos	IngresarUsuario	DatosRepuestos
DatosProveedor	BuscarEquipo	Aceptar	MostrarDatos
NuevosInd	ResultadoUsuario	IngresarTrabajoRealizado	Login
Alerta	BuscarPlan	BuscarFalla	MostrarTrabajos
FiltrarOT	MostrarCalendario	IngresarInsumos	RegistrarCambios

Tabla 7: Funciones de la Capa de Presentación de la herramienta. Elaboración propia

La Capa de Negocio contiene a todas las funciones internas de la herramienta que permiten realizar cálculos o asignar variables que serán mostrados a los usuarios.

Capa de Negocio			
CrearEstado	EstimacionCostos	CambiarEstadoInsumos	CalcularCriticidad
CambiarEstadoContratos	AsignacionInsumos	CalculoRecomendaciones	CalcularFrecuencia
AnalizarCambios	AsignacionRepuestos	AjustarPlan	CalcularConsecuencia
CalcularIndicadores	AsignacionRRHH	CalcularTiempoEstimado	
AjusteIndGen	CrearEstadoInsumo	GuardarDatos	

Tabla 8: Funciones de la Capa de Negocio de la herramienta. Elaboración propia

La Capa de Datos es la encargada de acceder a los distintos datos guardados en la base de datos para ser ocupados por la Capa de Negocio.

Capa de Datos			
ResultadosContratos	CrearTrabajoARealizar	IngresarArregloFalla	MostrarOT
DatoProveedor	CalcularEstadoContratos	RegistrarFallo	BuscarUsuario
BuscarInsumo	CalcularCantInsumos	BuscarOTs	ResultadoUsuario
DatoInsumo	ResultadoInsumos	GuardarDatos	Calendarios
BuscarProveedor	ActualizarValoresInsumos	BuscarEquipos	MostrarCalendarios
BuscarRepuesto	RegistrarTrabajoRealizado	EntregarEquipo	GuardarCambios
DatoRepuestos	BuscarFallas	RegistrarCambio	MostrarFallas
BuscarTrabajos			

Tabla 9: Funciones de la Capa de Datos de la herramienta. Elaboración propia

5.2 Clases del sistema

Para este análisis se identificaron las clases de objetos reales y las distintas relaciones entre estos objetos desde la lectura de los CU y la metodología *Identificación de frases nominales* propuesta en el capítulo 10 del libro *UML y Patrones* (Larman, 1999). Con esta metodología al leer los CU se identifican objetos del mundo real con un nivel de abstracción alto como lo son: equipos, sistemas e instalaciones por ejemplo.

Tras la identificación de los candidatos a clases es posible realizar el Diagrama de clases del sistema, que es posible definir como un “diccionario visual” de las abstracciones relevantes para este diseño. Este diagrama comienza con la clase *Instalaciones* que hace alusión directa a los espacios tanto deportivos como no deportivos del CDJGM, de ella es posible observar que *Instalaciones* utiliza *Sistemas*, los cuales contienen *Equipos*.



Ilustración 15: Extracto diagrama de clases; Equipos, Sistemas e Instalaciones.
Elaboración propia

Para las clases *Equipos*, *Sistemas* e *Instalaciones* se calcula la *Criticidad* y distintos *Indicadores*. En particular a los Equipos es posible asociar posibles fallas, a través de la clase *Falla*.

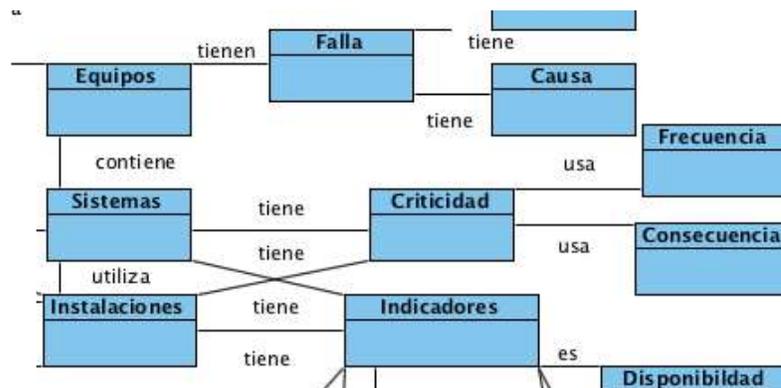


Ilustración 16: Extracto diagrama de clases; Falla, Criticidad e Indicadores.
Elaboración propia

Estas mismas tres clases; *Equipos*, *Sistemas* e *Instalaciones*; tienen distintas *Mantenciones* las cuales están contenidas en el *PlanMantenimiento* y pueden venir de distintos *Contratos* con externos o desde los *ManualesMantención*.

Además dadas las *Mantenciones* se generan distintas *OrdenTrabajo* que son aplicadas.

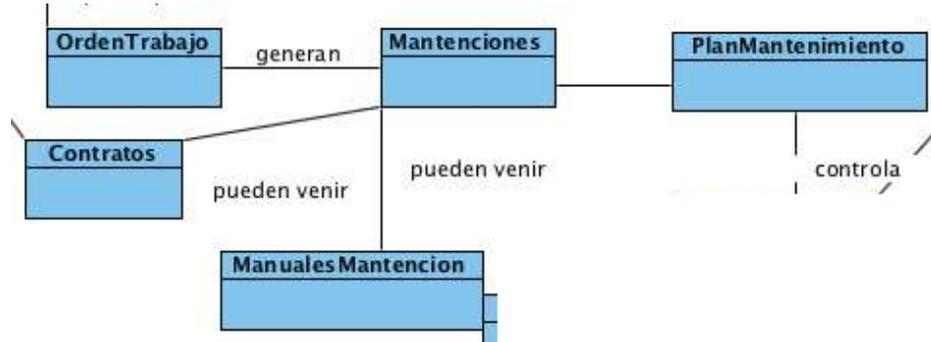


Ilustración 17: Extracto diagrama de clases, *Mantenciones*. Elaboración propia

Las *OrdenTrabajo* pueden pasar a *TrabajoRealizado* los cuales son realizados por distintos *Trabajadores*, además los *TrabajoRealizado* pueden usar *Repuestos* o *Insumos*, los cuales también son usados en las *Mantenciones* y las *Instalaciones*. Para *Repuestos* e *Insumos* tienen un cierto *Stock* y son entregados por *Proveedores*.

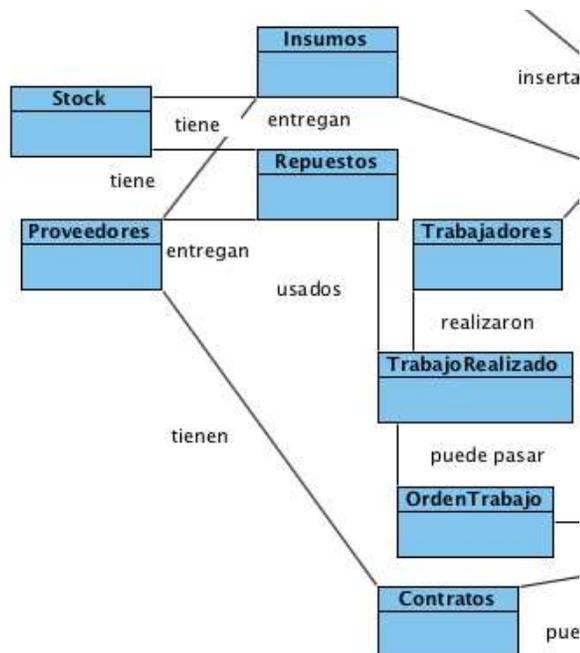


Ilustración 18: Extracto diagrama de clases, *OrdenTrabajo* y *TrabajoRealizado*. Elaboración propia

Todo lo anterior estará controlado por *JefeOperaciones* a quien le interesan los *Costos*, los *Indicadores* y que el *PlanMantenimiento* se cumpla. Este *JefeOperaciones* es supervisado por el *Director*.

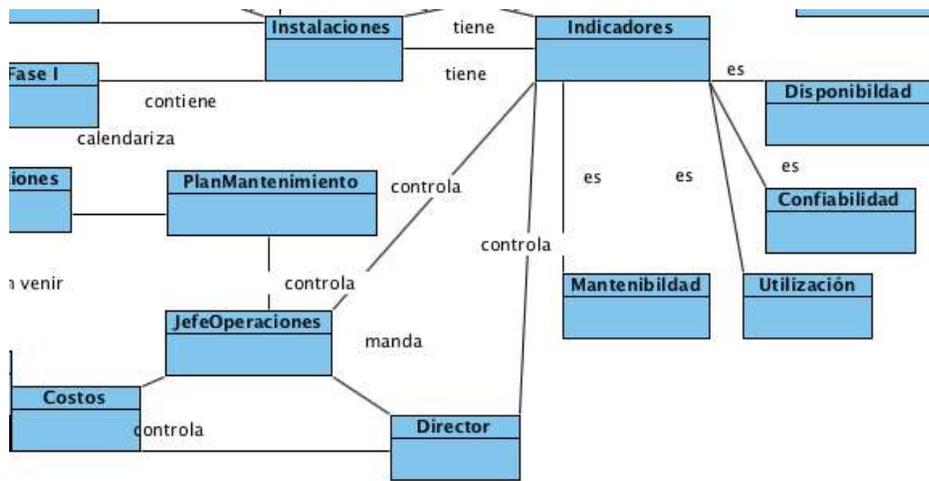


Ilustración 19: Extracto diagrama de clases, *JefeOperaciones*. Elaboración propia

Todo lo descrito anteriormente se encuentra en el Diagrama de Clases de objetos reales, el cual cuenta con 27 clases, que se encuentra en el Anexo H.

5.2.1 Clase de presentación

Finalmente juntando las funciones definidas en la capa de presentación definidas tras los DSS y las clases de objetos reales es posible asignar cada una de estas funciones a las clases correspondientes. Este ejercicio da claridad de que necesita cada clase para cumplir su objetivo.

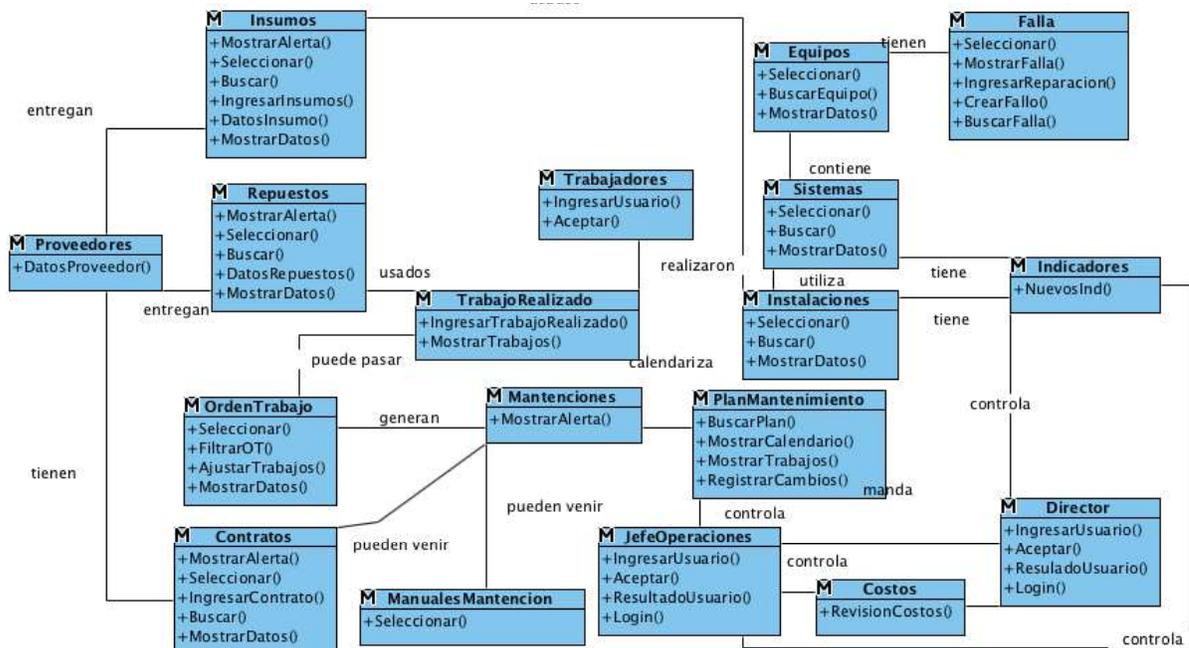


Ilustración 20: Clases de Presentación. Elaboración propia

Esta sección nos permite pensar en lo necesario para que el usuario logre interactuar con el sistema y obtener finalmente lo que desea.

5.2.2 Clase de negocios

De igual manera que para la capa anterior, es necesario asignar cada una de estas funciones de la capa de negocios a las clases definidas. Esta sección nos permite pensar que debe hacer el sistema internamente para cumplir lo que pide el usuario.

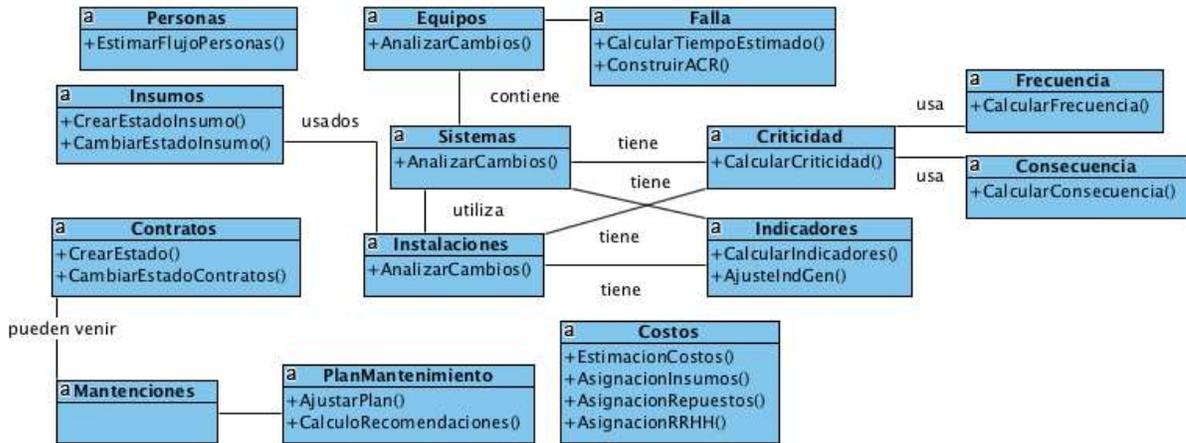


Ilustración 21: Clase de Negocio. Elaboración propia

5.2.3 Clase de datos

Finalmente, repitiendo el proceso anterior, se asigna las funciones correspondientes a la capa de datos a las clases que las utilizarán. Estas clases permiten conectar la información guardada en una base de datos para ejecutar las funciones de la capa de negocios con los datos necesarios.

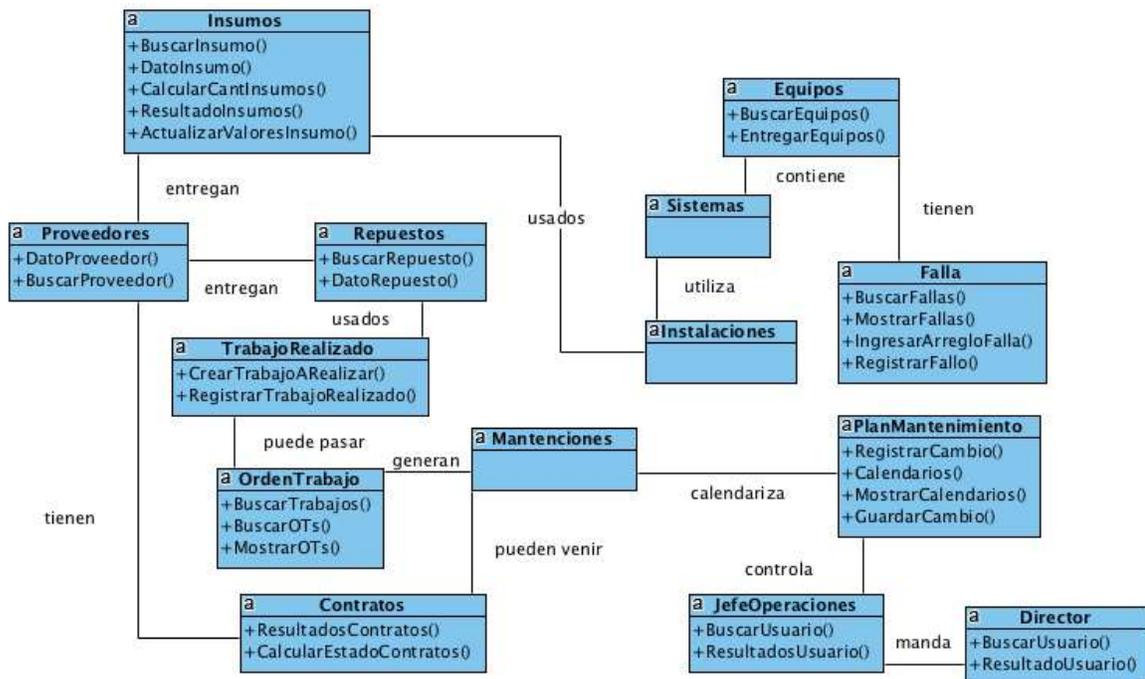


Ilustración 22: Clase de Datos. Elaboración propia

Capítulo VI. DISEÑO DEL SISTEMA

6.1 Actualización de Clases de uso y clases del sistema

Dadas las características del CDJGM, su operación, lo que se requiere del sistema y lo propuesto anteriormente se agregan ciertas distinciones para realizar el manejo del sistema de manera más adecuada a lo que se espera. Para esto se separaron las clases: *Mantenciones*, *Proveedor* e *Instalaciones*.

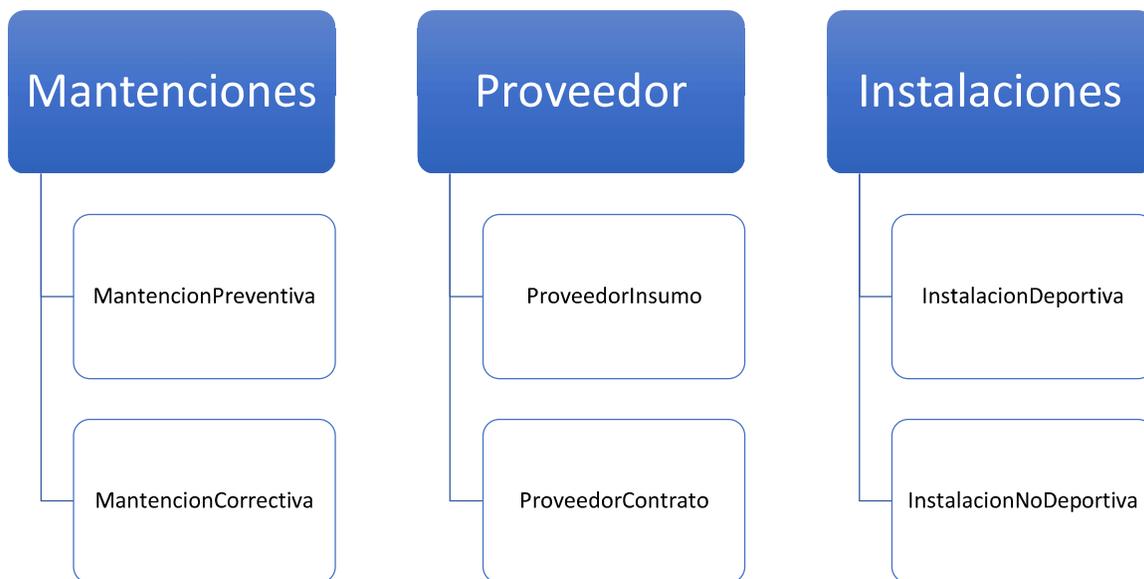


Ilustración 23 Separación de Clases Mantenciones, Proveedores e Instalaciones. Elaboración propia

Además se eliminaron algunas de las clases propuestas en la sección anterior ya que estos elementos poseen ciertas complejidades que no permiten realizar una generalización, como lo son Indicadores y Criticidad, ambas son consideradas como métodos de carácter general que se detallarán próximamente.

La clase *OrdenTrabajo* fue absorbida por el *PlanMantenimiento*, se considera que si está en el plan de mantenimiento se debe realizar y su cumplimiento, o no, permite llevar un control del *TrabajoRealizado*, clase que también fue borrada.

Los manuales de mantenimiento fueron absorbidos por los equipos ya que no son un activo tan trascendental si se cuenta con el plan de mantenimiento.

De igual manera se incorporó el horario por instalación para guardar las reservas que los usuarios desean realizar. Juntamente se agregó el presupuesto por pedido de los usuarios del sistema.

6.2 Diseño de las clases del sistema

Tras la actualización de las clases se definen 23 de ellas. Estos instrumentos, en los sistemas de POO, son las plantillas o modelos de los objetos que serán creados para interactuar entre sí y así cumplir las funciones de la herramienta. Las clases se caracterizan por tener tres grandes ítems: Campos, Controlador y Métodos.

Desde el Anexo I hasta el Anexo AD se encuentra la descripción de estos ítems para cada una de las clases propuestas.

Existen relaciones entre clases que son importantes destacar y con las cuales se explicitarán las clases propuestas en el sistema. Además se agrega una clase que es de carácter general que no tiene ni Campos ni Controlador, solo métodos y utiliza los datos de distintos objetos.

6.2.1.1 OrdenCompra, OrdenPago, Proveedores e Insumos

Llevar un inventario de las órdenes de compra permite a la DDAF llevar un registro de los costos, monitorear los insumos más consumidos y utilizar estos datos para mejorar la gestión de los insumos y así generar alertas de posibles quiebres de stocks que afecten al funcionamiento del recinto.

Por lo que para llevar el registro de estas órdenes de compra se propone lo siguiente: Se genera una *OrdenCompra* la cual se compone de *Insumos*, que vienen de un *ProveedorInsumo*. Además la *OrdenCompra* y el *ProveedorInsumo* se reúnen en la *OrdenPago*, las cuales componen los *CostoInsumos*.

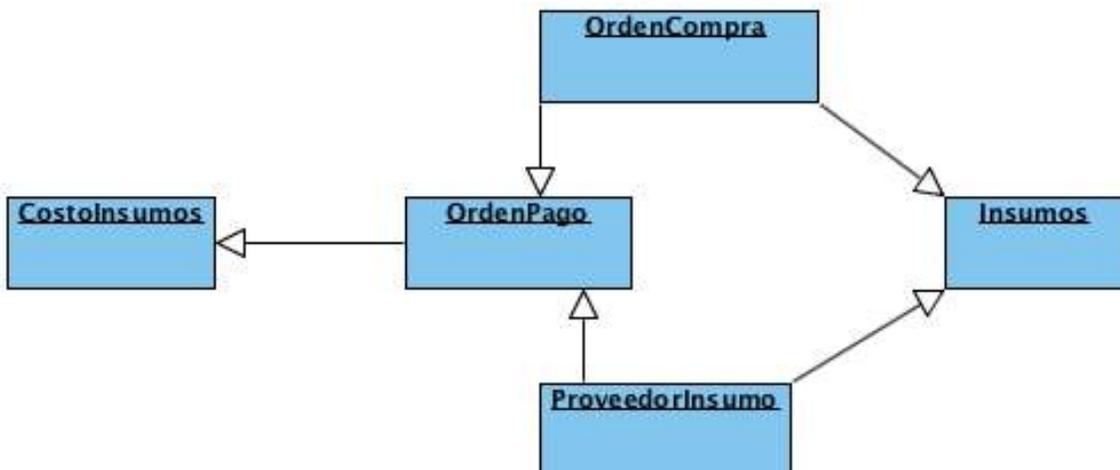


Ilustración 24: Asociación OrdenCompra, OrdenPago, Proveedores e Insumos.
Elaboración propia.

Es posible ver el proceso de interacción del sistema con el usuario para crear una orden de compra en la ilustración 25. El resto de los procesos de interacción se encuentran desde el Anexo AE hasta el Anexo AJ .

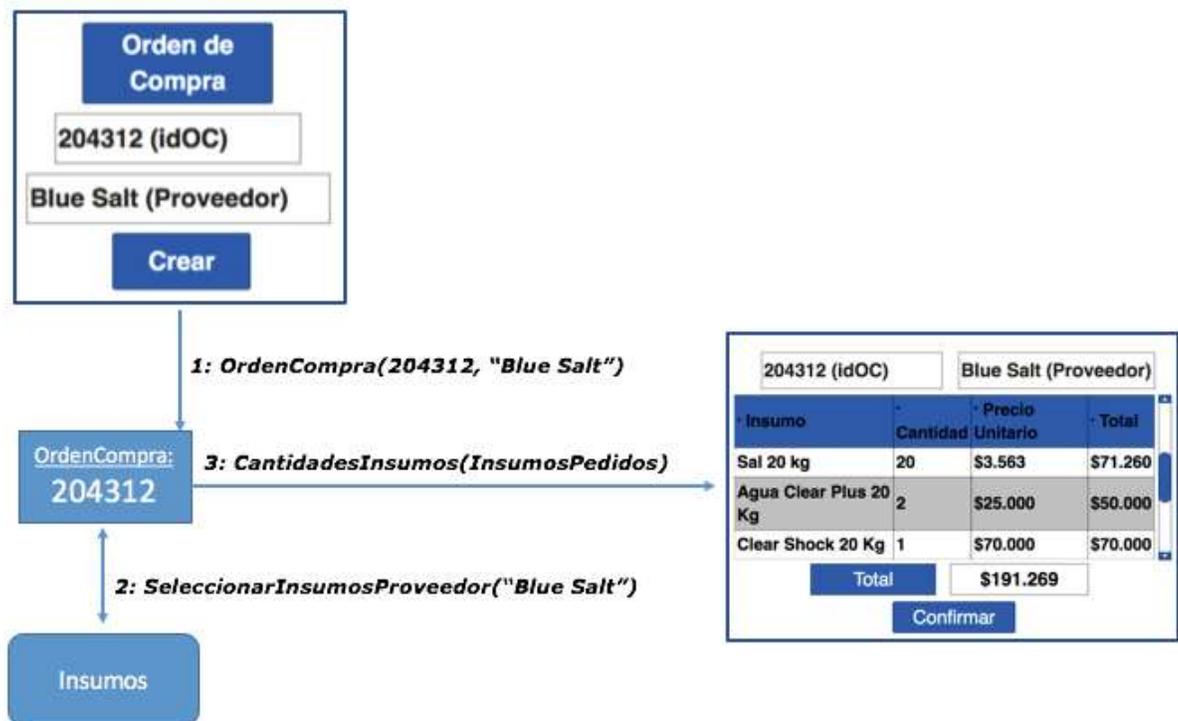


Ilustración 25: Visualización del proceso para crear una orden de compra. Elaboración propia.

6.2.1.2 Contrato, ProveedorContrato, PlanMantenimiento, MantencionPreventiva, MantencionCorrectiva, CostoMantenimiento

Llevar el registro de los contratos permite registrar su costo, controlar que lo estipulado en él se esté realizando y generar alarmas de su vencimiento para que así la organización pueda decidir quien se hará cargo de lo estipulado en el futuro con un tiempo apropiado. Por ello se propone lo siguiente en el sistema.

La clase inicial es *Contrato*, cuando se genera un contrato este es asociado a un *ProveedorContrato* y a unas actividades de *MantencionPreventiva*.

Esta *MantencionPreventiva*, al igual que las *MantencionCorrectiva*, generan un costo que se asignan a *CostoMantenimiento*. Las *MantencionPreventiva* se asocian y conforman el *PlanMantenimiento*.

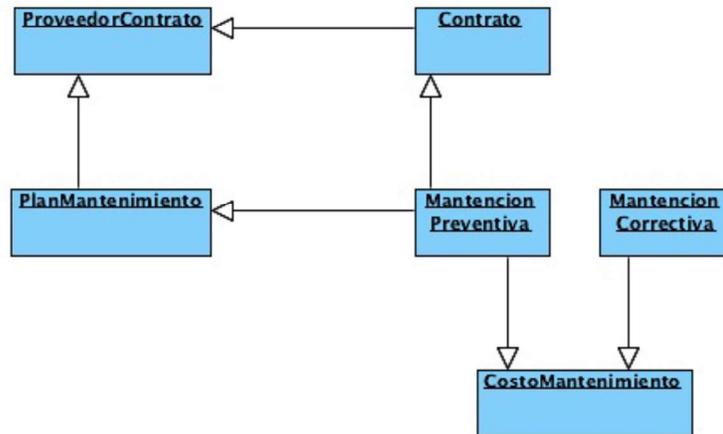


Ilustración 26: Asociación Contrato, ProveedorContrato, PlanMantenimiento, MantencionPreventiva, MantencionCorrectiva y Costo Mantenimiento. Elaboración propia.

6.2.1.3 Usuario, Reserva, Horario e InstalacionDeportiva

Tener un horario claro que permita a los usuarios generar reservas por instalación permite llevar un registro ordenado de que actividad se realizará por día y hora. Así la DDAF sabe que debería ocurrir en la instalación, que cosas debe controlar y de que actividades ellas debe hacerse cargo. Dentro de estas actividades están las mantenciones, las reparaciones de fallas y el uso deportivo de las instalaciones.

Cuando un Usuario busca generar una Reserva esta se asocia al Horario, se registra en él, el cual depende de una InstalacionDeportiva.

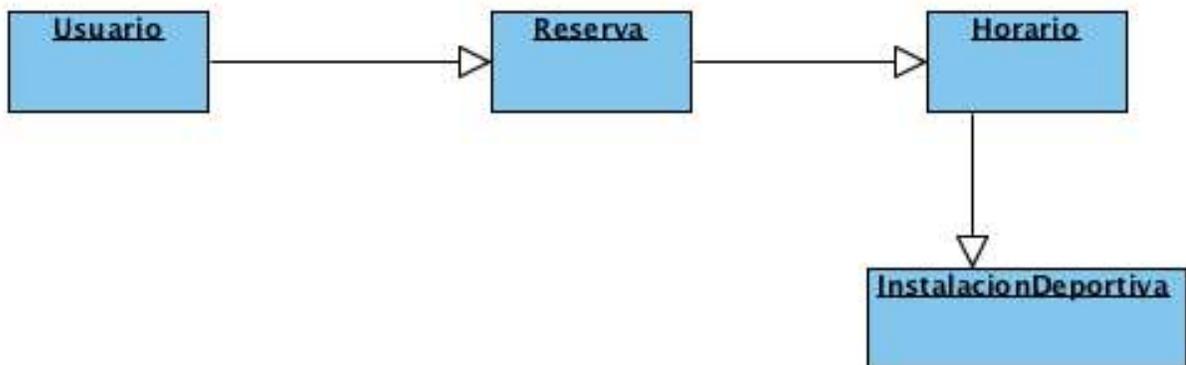


Ilustración 27: Asociación Usuario, Reserva, Horario e InstalacionDeportiva. Elaboración propia.

6.2.2 Métodos de la Clase General

6.2.2.1 Equipos, Sistemas e Instalaciones

Como se a mencionado anteriormente, el enfoque para analizar las componentes del edificio es: Analizar los equipos, estos equipos forman sistemas y estos sistemas forman las instalaciones.

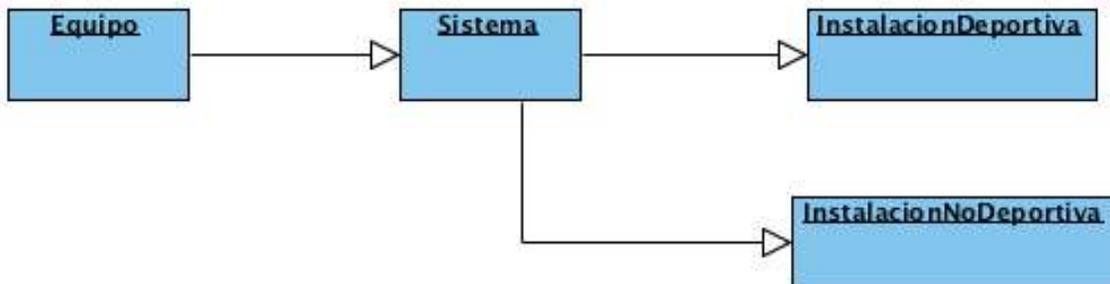


Ilustración 28: Relación entre Clases Equipo, Sistema, InstalacionDeportiva e InstalacionNoDeportiva. Elaboración propia

Dado esta manera de ver el recinto se propone el uso de indicadores propios del mantenimiento para cada parte del sistema. Cada uno de estos indicadores permiten a la DDAF realizar diversas decisiones en cuanto a la gestión:

- Disponibilidad: Es un indicador que permite evaluar la gestión de los espacios del recinto, en él es posible ver si los recintos están siendo bien utilizados o si las fallas restringen su uso y en que medida.
- Confiabilidad: Permite a través de una probabilidad predecir cuando podría ocurrir una falla cercana y con ello actuar previamente para que no ocurra.
- Mantenibilidad: Dada una falla permite, mediante una probabilidad, pronosticar en que tiempo esta falla podría estar reparada y así se tiene un dato claro de cuando las instalaciones o equipos volverán a cumplir su función.

Para los equipos existe una manera normalizada de calcular los distintos indicadores del mantenimiento, para este trabajo se propone realizar este cálculo de manera incremental cada vez que se registre una falla reparada en el sistema se determinan los tiempos de falla, los tiempos de reparación y el tiempo disponible que se perdió, esto se ve resumido en la siguiente ilustración.

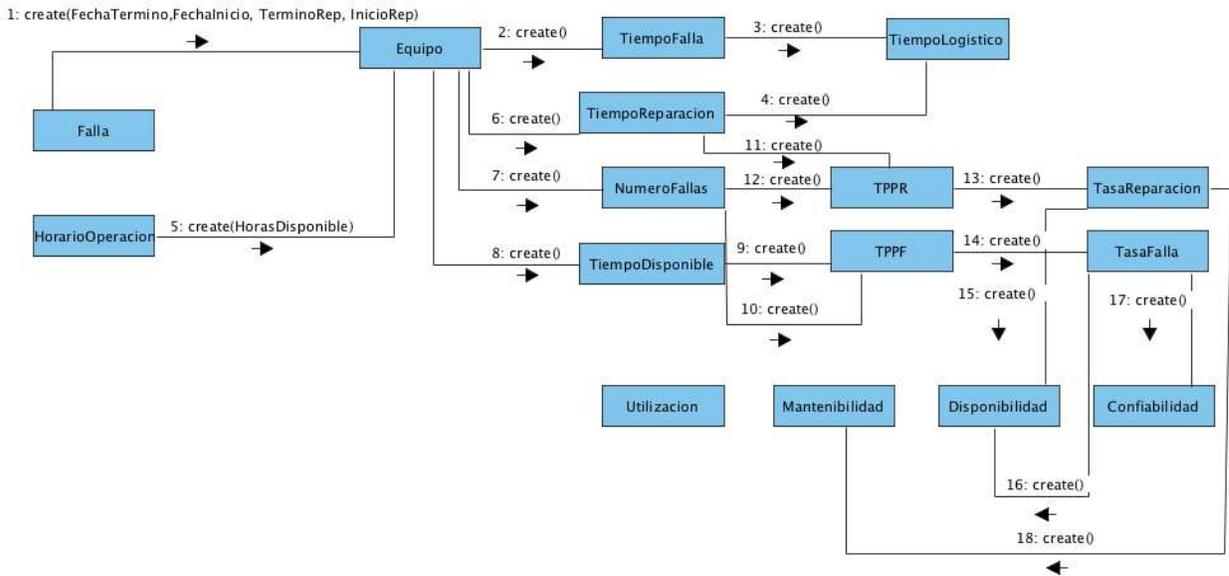


Ilustración 29: Esquema para el cálculo del tiempo de falla, tiempo de reparación y tiempo disponible perdido para los equipos del edificio del CDJGM. Elaboración propia.

Pero dado el enfoque anterior y la diversidad de los sistemas es necesario generar reglas particulares para el cálculo de los indicadores de cada sistema. Para ello es necesario realizar una esquematización simple del sistema y dada esta esquematización es posible obtener la fórmula para el cálculo de los indicadores. Estos pasos anteriormente mencionados se realizarán a continuación para los sistemas del edificio del CDJGM.

6.2.2.1.1 Piscina

Para este punto la piscina se separa en dos subsistemas con el fin de facilitar el cálculo de los indicadores, estos subsistemas son: "Filtrado, Impulsión y Cloración" y "Deshumificador".

El primero de estos subsistemas está formado por 5 equipos, de los cuales es posible agrupar ciertas componentes en paralelo y así formar una cadena de tres pseudo-equipos en serie. Esta distribución y agrupación es posible verlos a continuación.

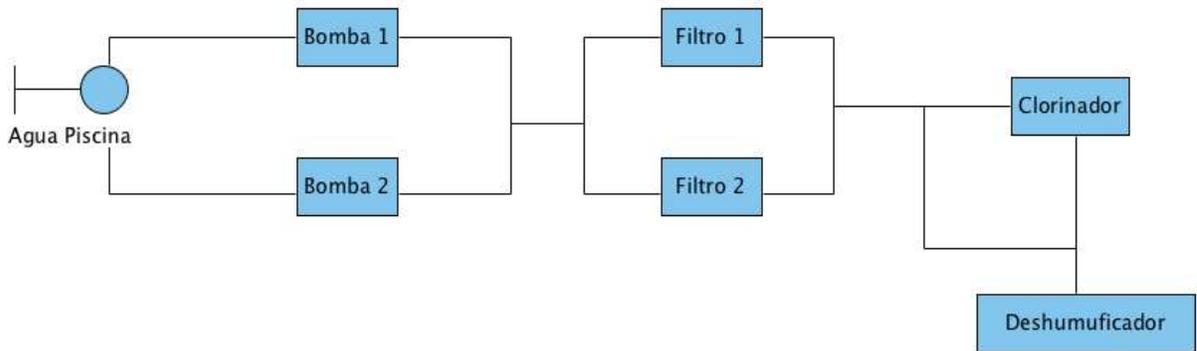


Ilustración 30: Diagrama de Sistema Piscina del edificio del CDJGM. Elaboración propia.

El deshumificador es un ente propio que se conecta en serie con el subsistema anterior, por lo cual los indicadores para piscina se calculan considerando que los subsistemas son en serie, por lo cual se obtiene la siguiente fórmula.

$$I_{piscina}(t) = [1 - (1 - I_{Bomba1})(1 - I_{Bomba2})] * [1 - (1 - I_{Filtro1})(1 - I_{Filtro2})] * I_{Clorinador} * I_{Deshumificador}$$

Donde I_i puede corresponde a la Disponibilidad, Confiabilidad o Mantenibilidad, dependiendo del indicador que se quiera calcular.

6.2.2.1.2 Agua Potable

En este sistema el tablero eléctrico se encarga de controlar los sensores en los 2 estanques y 4 bombas de impulsión, de las cuales 3 están en funcionamiento y una stand-by. Con esto es posible pensar en un sistema en serie conformado por el tablero, los estanques y un sistema con las 4 bombas.

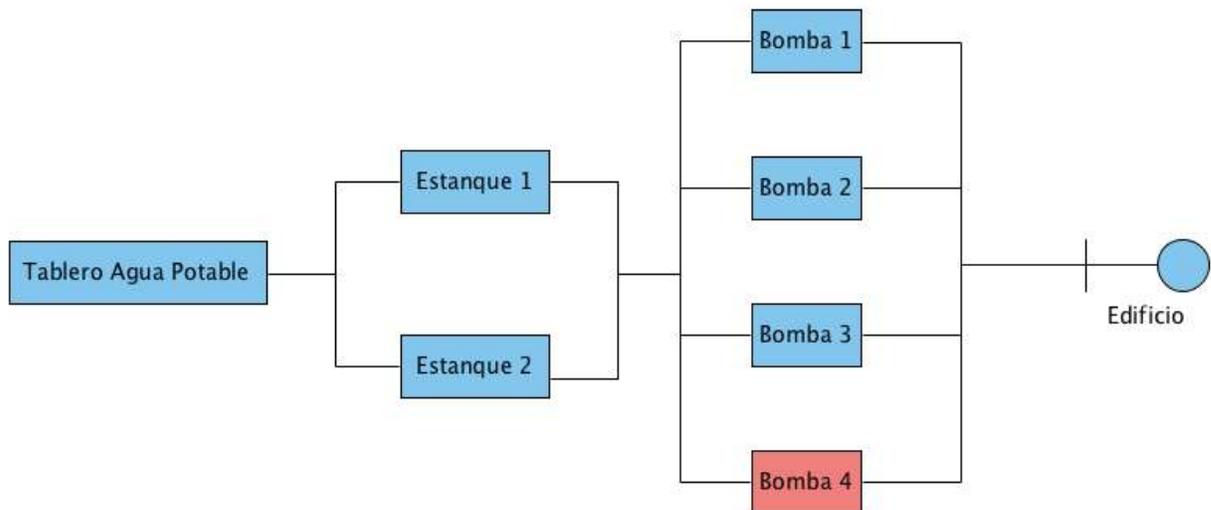


Ilustración 31: Diagrama de Sistema Agua Potable del edificio del CDJGM.

Para que el sistema de las 4 bombas falle debe ocurrir que 2 de ellas no funcionen simultáneamente. Si Q es la probabilidad de que el sistema fallé e I es la probabilidad de que el sistema funcione correctamente se puede definir:

$$I = 1 - Q$$

Q para que 2 bombas de impulsión fallen al mismo tiempo en el sistema es posible expresarlo como:

$$Q = (1 - I_i) * (1 - I_j)$$

Donde i y j representan a las bombas que fallan en el sistema. Ahora si se realiza una mirada desde las probabilidades, ocurren eventos de carácter "o",

los cuales pueden llegar a ser 6, por lo cual Q se define como la sumatoria de estos 6 posibles eventos que son:

- Falla Bomba 1 y puede fallar la Bomba 2, Bomba 3 o Bomba 4
- Falla Bomba 2 y puede fallar la Bomba 3 o Bomba 4
- Falla Bomba 3 y puede fallar la Bomba 4

Esto se puede escribir matemáticamente como:

$$I = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=i+1}^4 1 - (1 - I_i) * (1 - I_j)$$

Por lo tanto, al igual manera que para la piscina, el cálculo es posible de generalizar con la siguiente fórmula:

$$I_{agua\ potable}(t) = I_{tablero} * [1 - (1 - I_{Estanque1})(1 - I_{Estanque2})] * I$$

6.2.2.1.3 Agua Servidas

Se tiene un sistema donde el tablero eléctrico que se encarga de controlar el sensor en el estanque y dos bombas, una en funcionamiento y una stand-by.

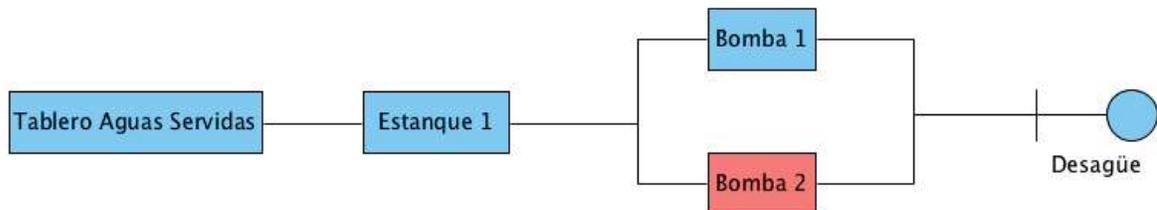


Ilustración 32: Diagrama de Sistema Aguas Servidas del edificio del CDJGM.

Con esto es posible pensar en un sistema en serie conformado por el tablero, el estanque y un sistema con las 2 bombas.

En este esquema es posible ver que cualquiera de las dos bombas debe estar funcionando para que el sistema en paralelo funcione, por lo que es posible generalizar el cálculo de los indicadores usando la siguiente fórmula:

$$I_{agua\ servidas}(t) = I_{tablero} * I_{Estanque1} * (I_{Bomba1} + I_{Bomba2})$$

6.2.2.1.4 Clima y ACS

Dadas las características y conexiones de estos sistemas no es posible trabajar ambos sistemas de forma separada ya que el mal funcionamiento de uno afecta directamente al otro.

En la ilustración 8 es posible ver que este sistema es un sistema conectado en serie. Para conectar los elementos del sistema se ocupan 5 pares de bombas en paralelo, estos subsistemas se pueden simplificar de la siguiente manera:

$$I = 1 - (1 - I_i) * (1 - I_j)$$

Donde I es el indicador para cada par de bomba en paralelo, con esta simplificación es posible pensar en un sistema interconectado totalmente en serie.

Este sistema está formado por los dos Chillers, los paneles solares, cuatro intercambiadores de calor, dos estanques de acumulación de agua potable, los 5 sistemas de bombas en paralelo, 32 fan-coils que llegan directamente a las instalaciones y 10 extractores o inyectores de ventilación y sus indicadores quedan determinados por:

$$I = \prod_{i=1}^n I_i$$

Donde n está determinado por el total de elementos que se listaron, e I representa el indicador requerido, pudiendo tomar el valor de Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad.

Finalmente para las Instalaciones Deportivas y No Deportivas se propone realizar el mismo tratamiento realizado con los *Equipos* pero para ello es necesario incorporar el *Horario*, de él se calcularán los tiempos en que una instalación estuvo en disponible o en falla y si esta falla estaba siendo reparada.

6.2.2.2 Criticidad

La Criticidad se utilizará para jerarquizar la importancia de las instalaciones, sistema y equipos. Con esto es posible conocer cuales son los activos más importantes del recinto mediante una combinación de sus fallas y costos de mantenimiento y con ello es necesario poner principal atención en ellos ya que su mal funcionamiento afectará significativamente al CDJGM y su operación. Para ello se propone el Modelo de Criticidad por Riesgo, el Riesgo se define como la multiplicación de la Frecuencia y la Consecuencia.

$$Riesgo = Frecuencia \times Consecuencia$$

Donde la Frecuencia se mide en una escala de 1 a 5 y se utilizará el TPPF como parámetro para construir la escala.

Después del funcionamiento del recinto se obtiene el máximo y mínimo de los TPPFs para el nivel que se requiera (equipos, sistemas o instalaciones), ambas cifras se restan y este valor se divide en 4 para así obtener el tamaño de cada punto en la escala, este número se define como:

$$d = (TPPF_{\max} - TPPF_{\min}) / 4$$

Finalmente para obtener el valor de cada elemento se ocupa la siguiente ecuación.

$$Frecuencia(x) = \text{redondeo} \left(\frac{x}{d} \right) + 1$$

La Consecuencia también se medirá en una escala de 1 a 5 y para ella se utilizaran los costos de mantención de cada elemento, el procedimiento es el mismo que el realizado para obtener la Frecuencia con los TPPFs.

Finalmente se catalogan los elementos dependiendo del nivel de Riesgo que tomen y en que lugar este se encuentre dentro de la Ilustración 31.

Frecuencia	5	A	MA	MA	MA	MA
	4	A	A	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	M
	1	B	B	B	M	M
		1	2	3	4	5
Consecuencias						

Ilustración 33: Matriz de Criticidad para el Modelo de Criticidad por Riesgo. Parra y Crespo 2012.

Donde la criticidad queda determinada por cuatro categorías (Parra y Crespo, 2012)²⁸:

- MA = Muy Alta
- A = Alta
- M = Media
- B = Baja

²⁸ Bibliografía número [15]

6.2.2.3 Conformación de Costos

Tener el registro de todos los costos permite año a año a la DDAF y sus trabajadores proyectar y presupuestar de manera más ajustada la cantidad de ingresos y actividades para recaudarlos necesarias para solventar los costos.

En este sistema se definen tres distintos tipos de costos: Costos de Intervención, Costos de Fallas y Costos de Almacenamiento. A continuación se detallará la forma en que estos costos serán conformados en el sistema.

Los costos de intervención están formados por otros dos tipos: Costos de Mantenimiento, Costos de Insumos y repuestos.

- Costos Mantenimiento: para llevar el control de ellos se deben realizar dos tareas:
 - Ingresar los costos de los mantenimientos preventivos, es decir, sumar todos los contratos relacionados con la mantención del recinto.
 - Ingresar los costos de mantenimientos correctivos, estos se deben ingresar en un objeto del sistema y finalmente se consolida el costo total sumando los distintos mantenimientos correctivos.
- Costos Insumos y Repuestos
 - Registros de las ordenes de compras

El costo de falla se considera como el costo oportunidad perdido por no usar el espacio debido a alguna falla del sistema, este tipo de costo se registra cuando en el horario algún objeto (instalación) aparezca en estado falla y este valor de reserva lo define la DDAF.

El costo de almacenamiento tiene dos componentes: los Costos de RR.HH. y los Costos básicos de operación.

- Costos RRHH
 - Se obtienen de ingresar los sueldos mensualmente al sistema.
- Costos básicos de operación
 - Corresponden a los gastos de Luz y Agua que deben ser registrados en el sistema mensualmente.

6.2.2.4 Análisis de Pareto

Se propone utilizar este análisis en los insumos y repuestos del complejo ya que permite conocer cuales son los insumos que más gasto generan y con ello es posible realizar una gestión adecuada de estos activos importantes ya que una vez identificados es posible gestionar de mejor manera su consumo quizás intentando disminuir su consumo o buscando mejores costos por insumo, entre otras iniciativas.

Para construir un diagrama de Pareto primero se ordenan todos los insumos de orden descendente según gasto anual y con él se calcula el porcentaje del costo total de insumos que le corresponde, para después sumar de manera descendente el porcentaje de costo acumulado por insumo, de esta manera se realiza este cálculo hasta alcanzar el 80% del gasto.

Los insumos que representan el 80% del gasto son incorporados a un arreglo y se agrega una fila más con el nombre otros y a ella se asocia el gasto y el porcentaje restante. Siguiendo este método es posible llegar a la siguiente tabla, los datos utilizados en ellas pertenecen a la misma estimación de costos utilizada en los capítulos anteriores.

Producto	Gasto	Acumulado
Sal Clorador	\$1.022.581	15%
Papel Higiénico Jumbo 4 Rollos	\$907.500	28%
Toalla Papel 300 MT	\$478.992	35%
Celda desalinizadora	\$450.000	41%
Clear Shock 20 Kg	\$420.000	47%
Hipoclorito de Sodio	\$242.760	51%
Carro	\$231.200	54%
Cloro Clorinda Corriente 1 L	\$226.400	57%
Desinfectante Pastilla estanque	\$223.080	61%
Acido Muriático	\$222.857	64%
Limpia Pisos Arom Lavanda Bidón 5 litros	\$216.300	67%
Limpiador multiuso Lysol 5 litros	\$183.168	70%
Desengrasante SMF extra fuerte 5 litros	\$160.446	72%
Desinfectante Lysoform 327 cc	\$153.040	74%
Agua Clear Plus 20 Kg	\$150.000	76%
Bolsa de Basura 80x110	\$146.400	78%
Cif Crema 375 grs 12 unid.	\$125.088	80%
Otros	\$1.380.300	100%

Tabla 10: Estimación de gastos por insumos ordenados decrecientemente. Elaboración propia.

Finalmente con este arreglo es posible realizar gráficas que indican los insumos que representan el 80% del total de los gastos y así poder poner un foco en ellos y sus consumos.

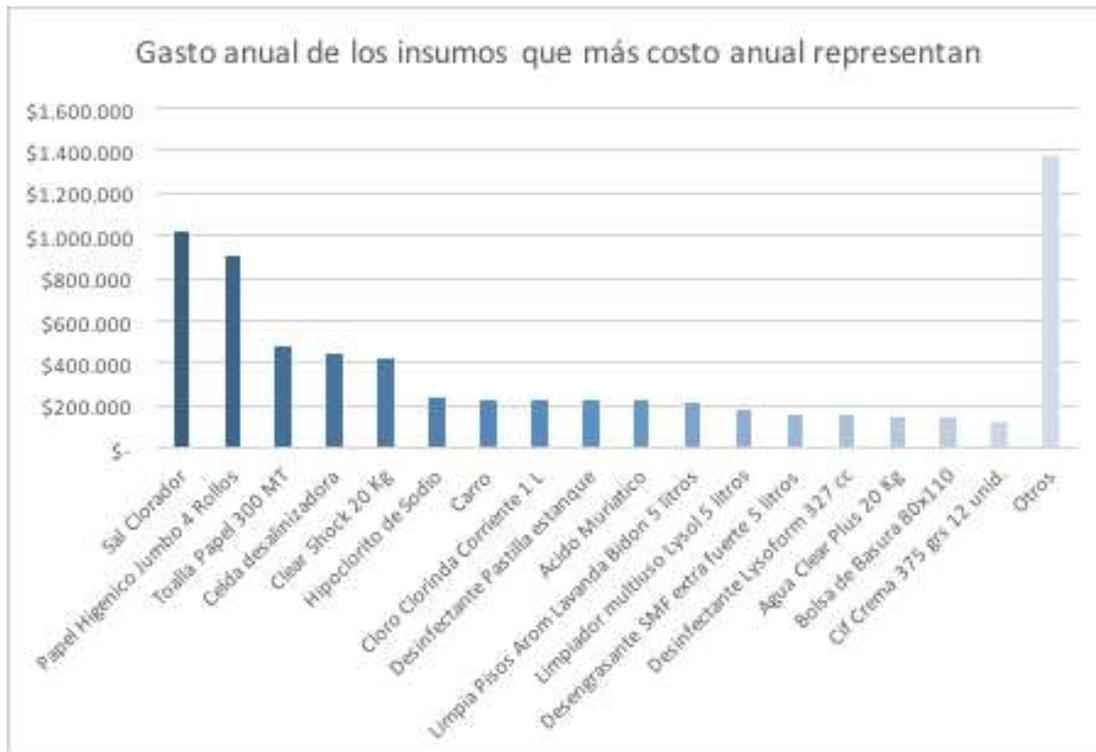


Gráfico 3: Gráfico de los insumos que generan el 80% del costo de insumos. Elaboración propia.

6.2.2.5 Alerta de Insumos y Repuestos

Además del el análisis de Pareto, para ayudar a la gestión de los inventarios de insumos y repuestos se propone un modelo EOQ (Economic Order Quantity). Con este modelo se busca calcular el Punto de Pedido, Stock de Pedido y el Tamaño Óptimo de pedido para cada insumo y repuesto con estos datos poder generar alertas cuando el stock del insumo o repuesto sea menor al Punto de Pedido y así evitar posibles falta de inventario que afectarán la normal operación del CDJGM.

Del modelo EOQ (Bustos y Parra, 2012)²⁹ se obtienen los tres datos mencionados utilizando las siguientes formulas:

$$Pedido\ Optimo = \sqrt{\frac{Cp * V * 2}{Ca}}$$

$$Punto\ de\ Pedido = SS + (PE * DM)$$

²⁹ Bibliografía número [2]

$$\text{Stock seguridad (SS)} = RE * DM$$

En la Tabla 10 se ve cual es la definición de las siglas y como se obtendrán en el sistema:

Sigla	Descripción	Cálculo
<i>Cp</i>	Costo de pedido	En este caso se refiere al precio unitario del producto, no se consideran los costos de emisión por término de simplicidad
<i>V</i>	Demanda anual	Suma de la cantidad del insumo en todas las órdenes de compras realizadas
<i>DM</i>	Demanda media por pedido	Es la Demanda Anual dividido por el número de ordenes de compras en las cuales se encontraba el producto
<i>Ca</i>	Costo de almacenamiento	Es el costo general de almacenamiento calculado anteriormente por la proporción de los gastos obtenida para hacer el análisis de Pareto.
<i>PE</i>	Plazo de entrega del último proveedor	Es propio de cada proveedor
<i>RE</i>	Retraso en las entregas del último proveedor	Es propio de cada proveedor

Tabla 11: Descripción de las componentes para el Modelo EOQ. Elaboración propia.

6.2.2.6 Horario y Reservas

Como ya se mencionó anteriormente tener un horario claro permite llevar un registro de que actividad se realizará por día y hora. Así la DDAF puede controlar las actividades que se están realizando en el recinto.

El Horario se diseña como una lista de eventos con los diferentes datos como se ve en la siguiente tabla:

idHorario	Fecha	Instalación	Bloque	Usuario
1	14/12/2017	Piscina	4.9	DDAF
2	13/12/2017	Gimnasio	3.10	DDAF

Tabla 12: Ejemplo de como se registra el Horario. Elaboración propia.

Con esta lista de eventos se construye a través de los eventos reservas, cuando se crea una reserva esta inmediatamente se inserta al horario. Los bloques son definidos primero con el día de la semana, donde 1 es lunes y así en adelante, y tras el punto la cifra representa la hora de inicio del bloque, los cuales son de 1 hora.



Ilustración 34: Visualización de interacción entre Reserva y Horario. Elaboración propia.

6.2.2.7 Plan de Mantenimiento y Mantenciones Preventivas

Con la herramienta se permite tener en pantalla el cronograma de las actividades del mantenimiento a realizar para que así se pueda monitorear su realización, quien es responsable y en que horario y que necesita proveer las DDAF para que se cumplan. El Plan de Mantenimiento, al igual que el Horario, es pensado como una lista de datos de la siguiente manera:

idPlanMant	Mes	Año	Equipo	Mantención	Encargado
1	3	2017	Dehumificador	LIMPIEZA DE LOS SERPENTINES EXTERIORES	Externo
2	3	2017	Deshumificador	LIMPIEZA DEL EVAPORADOR	Externo

Tabla 13: Ejemplo de como se registra el PlanMantenimiento. Elaboración propia.

El Plan de Mantenimiento planteado en este caso es lo que se denomina como Plan de Mantenimiento basado en protocolos el cual se basa en crear los protocolos de mantenimiento, o tareas preventivas a realizar, por tipos de equipos en el sistema y después se crea el plan aplicando estos protocolos a cada uno de los equipos correspondientes.

Una vez realizado este cruce se multiplican los eventos dependiendo de su frecuencia, por ejemplo si un evento es de carácter mensual y se ha insertado una sola vez a la lista se agregan 11 nuevos eventos, uno por mes para completar el año. Su visualización será en forma de lista o en un calendario donde se indique el mes correspondiente en el que debe ejecutarse esa mantención.

6.3 Diseño de estructura de datos

Para la estructura de datos se propone un modelo entidad-relación que puede ser cargado en cualquier sistema de base de datos de características SQL, se elige este tipo de Base de Datos dado su capacidad de armar las relaciones y su facilidad de realizar consultas, las cuales serán intensivas en este sistema.

El modelo entidad-relación se basa en la representación de las entidades, que en este caso representan las clases del sistema, y como ellas se relacionan. En las clases ocurre que existen datos que se pueden repetir dentro del sistema, estas reiteraciones se eliminan dada las relaciones del sistema.

Una simplificación del modelo lógico de datos propuesto es posible verlo en la Ilustración 35, el modelo completo, en donde se aprecian los datos a guardar, es posible verlo en el Anexo AK. A continuación se pasará a explicar las entidades que reciben la mayor cantidad de relaciones: OrdenCompra, Horario, Reserva, Equipos y Contrato.

- OrdenCompra: Las órdenes de compra son pertenecientes para un ProveedorInsumo, pero uno de ellos puede tener n OrdenCompra.

Una OrdenCompra está relacionada a una única OrdenPago y un Costo y tras la llegada de una OrdenCompra se pueden generar n movimientos de insumos.

- Horario: El horario depende de la InstalacionDeportiva, y una de ellas tiene n registro de horario. Cada registro de horario está asociado a una reserva.
- Reserva: Cada reserva está asociada a un usuario y un usuario puede hacer n reservas. Además cada reserva tiene asociada un precio, el cual depende del usuario que hizo la reserva.
- Equipos: Cada equipo está asociado a un sistema y un sistema puede tener n equipos asociados. Además los sistemas están asociados a n instalaciones y una instalación puede tener n sistemas.

Además los equipos pueden tener n MantencionPreventiva, MantencionCorrectiva y Falla, pero cada uno de estos están asociados a un equipo.

- Contrato: Un contrato pertenece a un ProveedorContrato y un ProveedorContrato puede tener n contratos. Además cada uno de los contratos está asociado un Costo y viceversa.

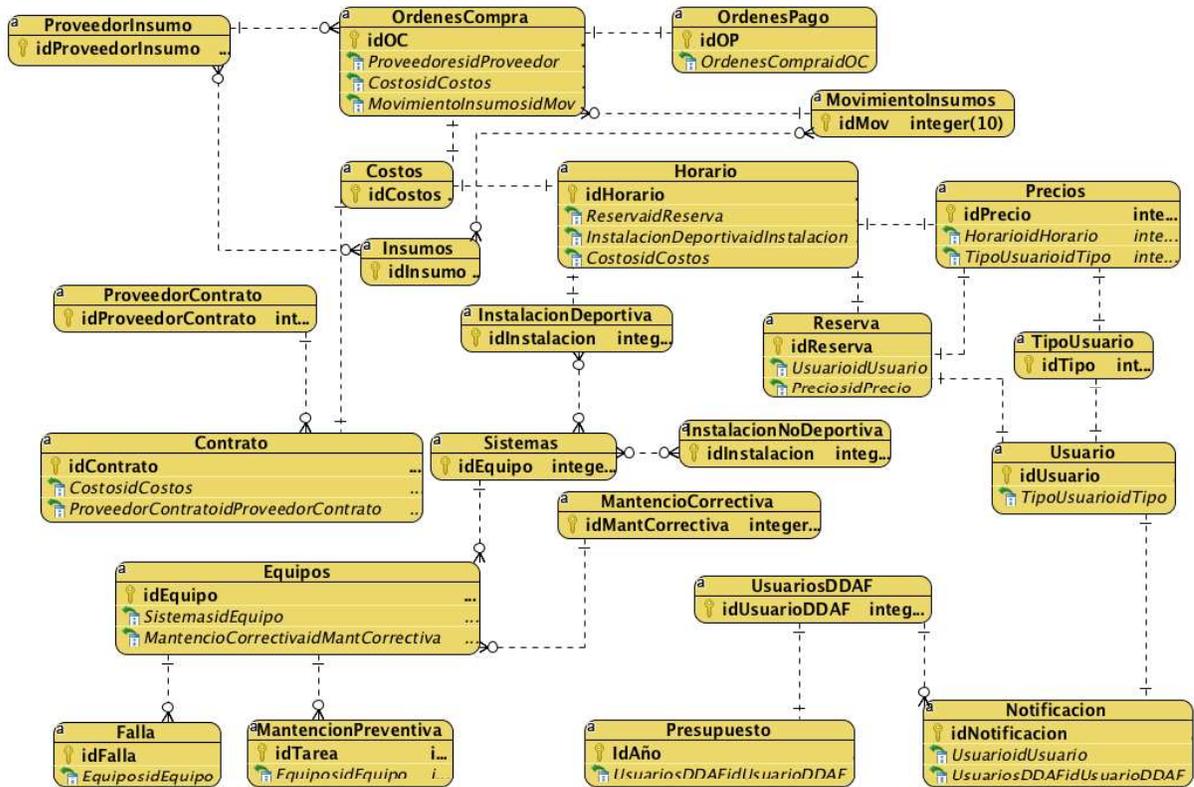


Ilustración 35: Modelo lógico de datos simplificado. Elaboración propia.

Capítulo VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dado el objetivo de este trabajo, que es “Diseñar una herramienta de operaciones y control del mantenimiento para el Complejo Deportivo Juan Gómez Millas”, donde esta herramienta permitirá llevar un control de los costos, realización de actividades, control de insumos necesarios, control de posibles contratos y estados de los distintos equipos y espacios pertenecientes al recinto.

Es posible concluir que se cumple el objetivo al presentar un diseño previo al desarrollo e implementación de una herramienta basada en la POO, que consiste en un diseño de las clases y el diseño de un modelo lógico de datos.

Ambos productos se encargan que la herramienta cumpla con lo que debía abarcar a través del desarrollo de las clases del sistema y un registro de los datos necesarios que permiten lo siguiente:

- Control de los costos: Se logra ya que primero los categoriza en 5 grupos y para cada uno de ellos se detectan sus fuentes
- Realización de actividades: A través del registro del plan de mantenimiento y el horario por instalación es posible tener un espectro de las actividades que debiesen ocurrir en el recinto para que su correcto funcionamiento
- Control de insumos necesarios: Mediante al registro de las órdenes de compra y la utilización de los datos en un análisis de Pareto y el modelo EOQ es posible llevar un control inicial de los insumos, esto puede mejorarse a medida que el recinto opere y exista un registro de los movimientos de estos insumos. Lo cual será permitido ya que son registrados en la herramienta
- Control de posibles contratos: Se registran directamente cada uno de los contratos, lo que se estipula y cuando es la fecha de vencimiento para así generar alertas
- Estados de los distintos equipos y espacios pertenecientes al recinto: A través de los indicadores del mantenimiento y la medida de criticidad es posible saber que activos son los más importantes para el complejo, cual es su estado actual y su registro en el tiempo, con ello la DDAF puede evaluar sus operaciones y mantenimiento y con ello tomar decisiones de cómo actuar en adelante

Con lo realizado se abarcan aspectos de la gestión del recinto como los ya mencionados pero existen temas restantes como los controles de seguridad, fijación de precios, asignación de tareas dado el personal, entre otros. Por lo que si bien este trabajo cumple con lo estipulado falta trabajo que desarrollar en materia de la gestión del recinto.

Para lograr los entregables y con ello cumplir el objetivo de la memoria, en primer lugar se definió el resultado esperado de la operación del recinto.

Este resultado debe centrarse en maximizar los tiempos de utilización de los usuarios, llevando un control de los costos en los que incurre para que así de respuesta al propósito del recinto. Tras conversaciones con el director de la DDAF, el jefe de operaciones de la Fase I y II del complejo y el encargado del mantenimiento del edificio del recinto, se concluye que para lograr lo esperado es necesario considerar cuatro aspectos principalmente: manejo de insumos y repuestos de menor tamaño; tener un catálogo e información relevante de la operación y mantenimiento de los distintos equipos, sistemas e instalaciones; llevar un control y registro de las actividades de mantenimiento preventivo a realizar en el CDJGM y finalmente tener un registro de los costos que estos tres aspectos mencionados anteriormente provocan.

Para el primer aspecto señalado anteriormente, que se refiere a manejo de insumos y repuestos menores, se concluye que es necesario controlar los insumos más costosos dada la posible restricción presupuestaria de la administración, además de evitar los posibles quiebres de stock que afectan a la disponibilidad del recinto. Para esto, se plantea la utilización de un análisis de Pareto el cual permite identificar y monitorear los insumos más costosos.

Además se propone la utilización de un modelo EOQ para evitar los posibles quiebres de stock. Este modelo da como resultado los siguientes indicadores: tamaño óptimo de pedido, punto de pedido y stock de seguridad. En términos de operación la generación de estos indicadores permite ayudar a definir las órdenes de compra que se generen en el complejo y su tiempo. Además estas mismas órdenes son las que proveen la información para utilizar las propuestas generadas. De esta manera, se concluye como fundamental la incorporación de datos de las órdenes de compras al sistema que permita aplicar el modelo anteriormente nombrado, acá existe el riesgo del error humano al ingresar los datos necesarios y así afectar al éxito de la solución.

Por otro lado, mediante el catálogo e información de los equipos, sistemas e instalaciones, es posible conocer el panorama y estado de estos. De esta manera es posible tomar decisiones que contribuyan a maximizar la utilización de los usuarios. Para la realización de este catálogo, se concluye que la forma óptima de realizar es mediante un sistema de jerarquización de los elementos más importantes y la utilización de indicadores de la operación de las diferentes partes que componen el recinto.

Se considera fundamental la jerarquización de los elementos, ya que esta es la única manera de analizar elementos que más importancia tienen en el estado del recinto. Para la realización de esta tarea se propone utilizar un Modelo de Criticidad por Riesgo, el cual permite ordenar los componentes a

partir de la Frecuencia y la Consecuencia. El primer término se obtiene directamente del historial de las fallas y el segundo depende de los costos.

En cuanto a la utilización de indicadores se propone emplear indicadores propios del mantenimiento como lo son la Disponibilidad, que permite medir cual es la proporción del tiempo que un elemento cumplió su objetivo y como se proyecta en el tiempo; y la Confiabilidad, cuál es la probabilidad que algún elemento presente una falla en el tiempo, para ambos indicadores es necesario conocer tiempos que ocurren en la operación propia, como lo son para los tiempos de las fallas y de las reparaciones y cómo estas disminuyen el tiempo disponible de las componentes del sistema.

Por lo que se concluye que es necesario tener un registro de las fallas y su tiempo de reparación para calcular estos parámetros y emplear el Modelo de Criticidad por Riesgo, por lo cual se incorpora el registro de estos parámetros al sistema, pero al igual que para el registro de las órdenes de compra, en este diseño se contempla el factor humano para ingresar los registros lo cual podría traer problemas.

Para cumplir el objetivo del CDJGM es necesario aplicar fuertemente un mantenimiento preventivo, ya que este tipo de mantenimiento busca precisamente aumentar la disposición de los elementos del sistema y su vida útil. Por lo que se concluye que es necesario llevar un control y registro de las actividades de mantenimiento preventivo a realizar en el CDJGM para que este enfoque hacia el mantenimiento preventivo tenga el efecto esperado.

Para ello es necesario llevar tener un plan de mantenimiento que incorpore estas actividades preventivas. Para él se propone un plan de mantenimiento basado en protocolos debido a que existen muchos equipos del mismo tipo y que por lo tanto sus protocolos de mantenimiento, o lista de tareas a realizar, son iguales. Por lo que al aplicar este método se facilitará la operación ya que se minimiza la cantidad de información a manejar por los operadores del complejo, simplificando su labor, y además es posible estandarizar y unificar algunas tareas dependiendo de los equipos que componen el CDJGM.

Estas tareas de mantenimiento preventivo pueden ser realizadas por trabajadores propios de la DDAF o por empresas externas, por lo que es necesario incorporar los posibles contratos que la dirección pueda firmar en este término y los costos que estas conllevan.

Llevar un registro de los costos incurridos en la operación es necesario porque la DDAF necesita conocer sus costos para realizar una planificación adecuada de su gestión al aplicar un presupuesto. Para ello es necesario tener un registro de los gastos posibles, anteriormente se incluyen el registro de los costos de insumo, costos de mantenimiento, por lo que es necesario poder incorporar los costos del personal y los costos de gastos básicos.

En cuanto a la metodología empleada y el desarrollo de este trabajo, el cual fue realizado de manera independiente por parte del autor. La metodología pudo ser empleada de buena manera dada la utilización de la bibliografía, en particular el libro *UML y Patrones* (Larman, 1999), pero los entregables de este trabajo están sesgado a la visión y propuesta del autor, si bien esto permitió comprender que significa y que busca cada herramienta del lenguaje UML se presenta una dificultad al trabajar de manera solitaria ya que es posible perder aspectos importantes de la gestión, como datos necesarios a ser recolectados, o soluciones con otro punto de vista para el problema planteado, lo cual permitirá robustecer la herramienta.

Como ya se mencionó anteriormente, el principal riesgo del sistema es el error humano en la utilización del recinto, por lo cual se recomienda incorporar medidas para adelantarse a este problema.

Las limitaciones con las que se encontró este trabajo es la falta de datos de la operación del recinto para poder testear las propuestas realizadas. Por lo cual se recomienda evaluar la eficiencia y eficacia de lo propuesto y la incorporación de nuevos elementos que favorezcan el propósito de este, mejorar la operación y control del mantenimiento del CDJGM.

Dada la limitación mencionada anteriormente, no se pudo incorporar herramientas relacionadas con el mantenimiento, tales como el árbol causa-raíz y la metodología RCM. Por lo cual se recomienda la incorporación de herramientas relacionadas al mantenimiento para así mejorar la disponibilidad del recinto y minimizar los costos en su operación.

Se considera que la extensión de este trabajo está en la línea de comenzar con un análisis de la factibilidad técnica, económica y operacional que impliquen realizar modificaciones a lo propuesto. Posterior a estos posibles cambios, se debe continuar con la implementación del sistema y analizar el posterior comportamiento del mismo.

Finalmente, se recomienda incorporar modelos predictivos de mantenimiento a medida que la capacidad técnica y financiera de la DDAF lo permitan, ya que estos indicadores permiten anticiparse a posibles fallas del sistema que afectan a la disponibilidad.

Con lo anteriormente mencionado existen posibles temas de este trabajo y en la línea de la gestión del polideportivo como un sistemas más refinado para el manejo de los insumos, un sistema de control de gestión del recinto, el desarrollo e implementación de este trabajo, la asignación de tareas a los trabajadores de la DDAF, una propuesta de captación de posibles sponsors al recinto, una propuesta comercial para generar los ingresos necesarios para cubrir los costos, entre otros.

GLOSARIO

Campo Deportivo Juan Gómez Millas	CDJGM
Casos de Uso	CU
Comité de Desarrollo del Deporte	CDDS
Consejo Superior de Deportes de España	CSD
Diagrama de Secuencia de Sistema	DSS
Dirección de Deportes y Actividad Física	DDAF
Economic Order Quantity	EOQ
Especificaciones técnicas	EETT
Federación Española de Municipios y Provincias	FEMP
Inspector Técnico de Obras	ITO
Programación Orientada a Objetos	POO
Tiempo medio de reparación	TPPR
Tiempo medio entre fallos	TPPF
Vicerrectoría de Asuntos Estudiantiles y Comunitarios	VAEC

BIBLIOGRAFÍA

1. Barnes, D. J., & Kölling, M. (2007). Programación orientada a objetos con Java. *Manejo eficiente del tiempo*.
2. Bustos Flores, C. E., & Chacón Parra, G. B. (2012). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente: Un estudio en Venezuela. *Contaduría y administración*, 57(3), 239-258.
3. Consejo Superior de Deportes. (2011). *Gestión de las Instalaciones Deportivas. Un camino hacia la sostenibilidad*. Madrid, Dirección general de infraestructuras deportivas.
4. Covell, D. Y Walker, S. (2013). *Managing Sport Organizations*. 3ª ed. Nueva York, Routledge.
5. Dirección General de Administración y Tecnologías de la Información. (2014). *Metodología de Ingeniería de software para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de información*.
6. Dorado, A., & Gallardo, L. (2005). La gestión del deporte a través de la calidad. *Zaragoza: INDE*.
7. Federación Española de Municipios y Provincias. (2009). *Buenas Prácticas en Instalaciones Deportivas*. Consejo Superior de Deportes.
8. Gómez-Tafalla, A. M., Mundian, J. J., & Calabuig, F. (2012). Definición de las tareas del Gestor Deportivo en el área de instalaciones deportivas en la comunidad Valenciana. In *Comunicación presentada en el Congreso Internacional de las Ciencias Deportivas. España*.
9. Grajales, D. H. M., Sánchez, Y. O., & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et technica*, 1(30).
10. Hernández Dávila, E. S. (2016). *Método para el cálculo de la disponibilidad de sistemas en serie y paralelo en función de las consecuencias operacionales particulares de la indisponibilidad individual de cada etapa* (Master's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
11. Labaien, E. Y Carrasco, G. (2009). Mantenimiento Predictivo. PREDICTOVE.
12. Larman, C. (1999). *UML y Patrones*. Pearson.
13. Maida, EG. , Pacienza, J. Metodologías de desarrollo de software [en línea]. Tesis de Licenciatura en Sistemas y Computación. Facultad de Química e Ingeniería "Fray Rogelio Bacon". Universidad Católica Argentina, 2015.
14. Martínez-Tur, V., Tordera, N., & Ramos, J. (1996). Tipología de instalaciones deportivas en función de su carácter público o privado: diferencias en la gestión y uso de las mismas. *Apunts. Educación física y deportes*, 1(43), 91-102.
15. Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Butterworth-Heinemann.

16. Parra, C., & Crespo, A. (2012). Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos. *Nota técnica*, 5.
17. Sancho, J. A. M. (2013). Componentes de la gestión deportiva. Una aproximación. *VIREF Revista de Educación Física*, 2(2), 1-19.
18. Silberschatz, A., Korth, H. F., Sudarshan, S., Pérez, F. S., Santiago, A. I., & Sánchez, A. V. (2002). *Fundamentos de bases de datos* (No. 04; QA76. 9. D3, S5y 2002.). McGraw-Hill.
19. Sullivan, G. P., Melendez, A. P., & Pugh, R. (2004). FEMP'S O&M Best Practices Guide A Guide to Achieving Operational Efficiency. *Strategic planning for energy and the environment*, 23(4), 40-52.
20. Universidad de Chile, Dirección de Deportes y Actividad Física. [en línea] <http://www.uchile.cl/portal/pregrado/deportes/informacion-general>, [consulta : 08 de abril de 2017].
21. Universidad de Chile, Vicerrectoría de Asuntos Económicos y Gestión Institucional. [en línea] <http://www.uchile.cl/portal/presentacion/vicerrectoria-de-asuntos-economicos-y-gestion-institucional/unidades-vaegi/7887/direccion-de-servicios-e-infraestructura> [consulta : 04 de mayo de 2017].
22. Universidad de Chile, Deportes: Información General. [en línea]. <http://www.uchile.cl/portal/pregrado/deportes/informacion-general/4847/mision-y-vision> [consulta : 04 de mayo de 2017].
23. Universidad de Chile, Deportes: Información General. [en línea]. <http://www.uchile.cl/portal/pregrado/deportes/informacion-general/4848/objetivos-y-funciones> [consulta : 04 de mayo de 2017].
24. Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138.

ANEXOS

Anexo A: Detalle instalaciones Fase I.

N	Código	Espacio	Nivel	m2	% de ocupación	Ocupación
1	1100	Camarines	Fase I	635,61	0,05	32
2	1200	Administración	Fase I	0	0,1	0
3	1300	Comedor	Fase I	0	0,1	0
4	1400	Bodega	Fase I	0	0,0	0
5	1510	Cancha de Futbol	Fase I	6400	0,003	19
6	1521	Cancha de Futbolito 1	Fase I	1125	0,01	11
7	1522	Cancha de Futbolito 2	Fase I	1125	0,01	11
8	1523	Cancha de Futbolito 3	Fase I	1125	0,01	11
9	1524	Cancha de Futbolito 4	Fase I	1125	0,01	11
10	1531	Multicancha 1	Fase I	375	0,02	8
11	1532	Multicancha 2	Fase I	375	0,02	8
12	1533	Multicancha 3	Fase I	375	0,02	8
13	1534	Multicancha 4	Fase I	375	0,02	8
14	1535	Multicancha 5	Fase I	375	0,02	8
15	1536	Multicancha 6	Fase I	375	0,02	8
16	1540	Pista de 110 metros	Fase I	660	0,01	7
17	1550	Foso de Atletismo	Fase I	14	0,1	1
					Suma	148

Anexo B: Detalle instalaciones Fase II.

N	Espacio	Nivel	m2	% de ocupación	Ocupacion Máx
1	Piscina	Primer	635,61	0,22	70
2	Hall acceso 1	Primer		0,1	0
3	Control y atención	Primer	12,42	0,1	1
4	Administración	Primer	14,7	0,1	1
5	Baños Hombres	Primer	15,94	0,1	2
6	Baños Mujeres	Primer	11,18	0,1	1
7	Mudador	Primer	4,37	0,1	0
8	Bodega General	Primer	120,9	0	0
9	Circulación (Pasillo entre piscina y camarines)	Primer	380	0,1	38
10	Sala de primeros auxilios	Primer	13,11	0,1	1
11	Sala técnica y bodega	Primer	15	0	0
12	Cancha Polideportiva	Primer	1506	0,02	30
13	Bodega Exterior	Primer	28,66	0	0
14	Camarín Hombres	Primer	57,75	0,45	26
15	Camarín Damas	Primer	57,75	0,45	26
16	Camarín Árbitros	Primer	11	0,45	5
17	Circulación Graderías	Segundo	82,75	0,1	8
18	Sala 2 Fitness	Segundo	345,93	0,24	83
19	Sala de Profesores	Segundo	35,74	0,08	3
20	Sala Técnica	Segundo	13,14	0,08	1
21	Circulación	Segundo	70,54	0,1	7
22	Servicios Higiénicos Hombres	Segundo	8,43	0,1	1
23	Servicios Higiénicos Mujeres	Segundo	8,3	0,1	1
24	Servicios Higiénicos Mov. Reducida	Segundo		0,1	0
25	Sala Multiuso 1 (incluye bodega)	Segundo	122,93	0,2	25
26	Circulación	Tercero	50,65	0,1	5
27	Sala Multiuso 3	Tercero	35,73	0,6	21
28	Sala Técnica	Tercero	13,14	0	0
29	Sala 4 - Combate	Tercero	314,5	0,24	75
30	Sector Maquinarias Proyecto Hidráulica Piscina	Subterráneo			0
31	Sector Maquinarias Proyecto Clima Piscina	Subterráneo			0
32	Cámara Deshumificadora	Subterráneo			0
33	Sector Maquinarias Clima	Subterráneo			0
34	Subestación Eléctrica	Subterráneo			0
35	Camarín Mujeres	Subterráneo	57,76	0,1	6

36	Camarín Hombres	Subterráneo	57,76	0,1	6
37	Camarín Profesores Varones	Subterráneo	8,56	0,1	1
38	Camarín Profesores Damas	Subterráneo	8,56	0,1	1
39	Bodega	Subterráneo	3,3	0	0
40	Sala Basura	Subterráneo	20,29	0	0
41	Hall de acceso Estacionamientos	Subterráneo	42,7	0,1	4
42	Estacionamiento de Bicicletas	Subterráneo			0
43	Bodega	Subterráneo	2,57	0	0
44	Estacionamientos	Subterráneo	200	0	0
				Suma	450

ANEXO C: Operaciones de mantenimiento pasto sintético. C.S.D

#	Operaciones	Frecuencia
1	Retirada de Objetos	Diario
2	Riego	Diario
3	Aspiración	Semestral
4	Limpieza de Canaletas	Anual
5	Descompactación	Anual
6	Recebo	Anual
7	Desinfección de red de Riego	Anual
8	Cepillado	Anual

ANEXO D: Operaciones de mantenimiento hormigón. C.S.D

#	Operaciones	Frecuencia
1	Barrido	Diario
2	Trapeado	Diario
3	Limpieza - Soleras con tratamiento	Semestral
4	Limpieza - Hormigón Poroso	Anual
5	Pulido	5 años

ANEXO E: Operaciones de mantenimiento hormigón. C.S.D

#	Operaciones	Frecuencia
1	Limpieza Superficial	Diario
2	Limpieza de Resina	Diario
3	Fregado del Pavimento	Mensual
4	Inspección del Pavimento	Mensual
5	Decapado	Anual
6	Aplicación Capa Protectora	Anual

ANEXO F: Operaciones de mantenimiento hormigón. C.S.D

- Piscina: Este ítem es especial ya también posee subdivisiones que serán detalladas a continuación.

- **Operaciones de mantenimiento piscina, sección pileta**

#	Operaciones	Frecuencia
1	Limpieza del Fondo	Diario
2	Comprobar solidez rejilla	Diario
3	Revisión niveles (PH - Cloro - Tº)	Diario
4	Limpieza y Cepillado de las paredes	Semanal
5	Limpieza-Desinfección canal rebosadero	Mensual
6	Comprobar la estanquidad del vaso, tornillería y contrafuertes	Mensual
7	Desengrase de la pileta	Anual
8	Repaso Anti-algas	Anual
9	Limpieza de acero inoxidable	Anual
10	Revisar cortes de la superficie	Anual

- **Operaciones de mantenimiento piscina, sección bombas de filtrado.**

#	Operaciones	Frecuencia
1	Limpieza de prefiltro	Diario
2	Comprobar la ausencias de ruidos durante su funcionamiento	Diario
3	Comprobar el correcto cierre de válvulas de asp. e imp.	Semanal
4	Comprobar el caudal y la presión proporcionada por el grupo de bombeo	Semanal
5	Comprobar el libre giro del ventilador posterior	Semanal
6	Comprobar el libre giro del eje motor	Mensual
7	Tomar lecturas de consumos eléctricos, anotar y analizar su evolución	Mensual
8	Comprobar la estanquidad de la caja de bornes y su acometida	Anual
9	Revisar la estanquidad del cierre mecánico	Anual
10	Comprobar el correcto funcionamiento de los rodamientos	Anual
11	Comprobar estado de pintura cuerpo motor	Anual
12	Comprobar, revisar y reajustar las conexiones eléctricas	Anual

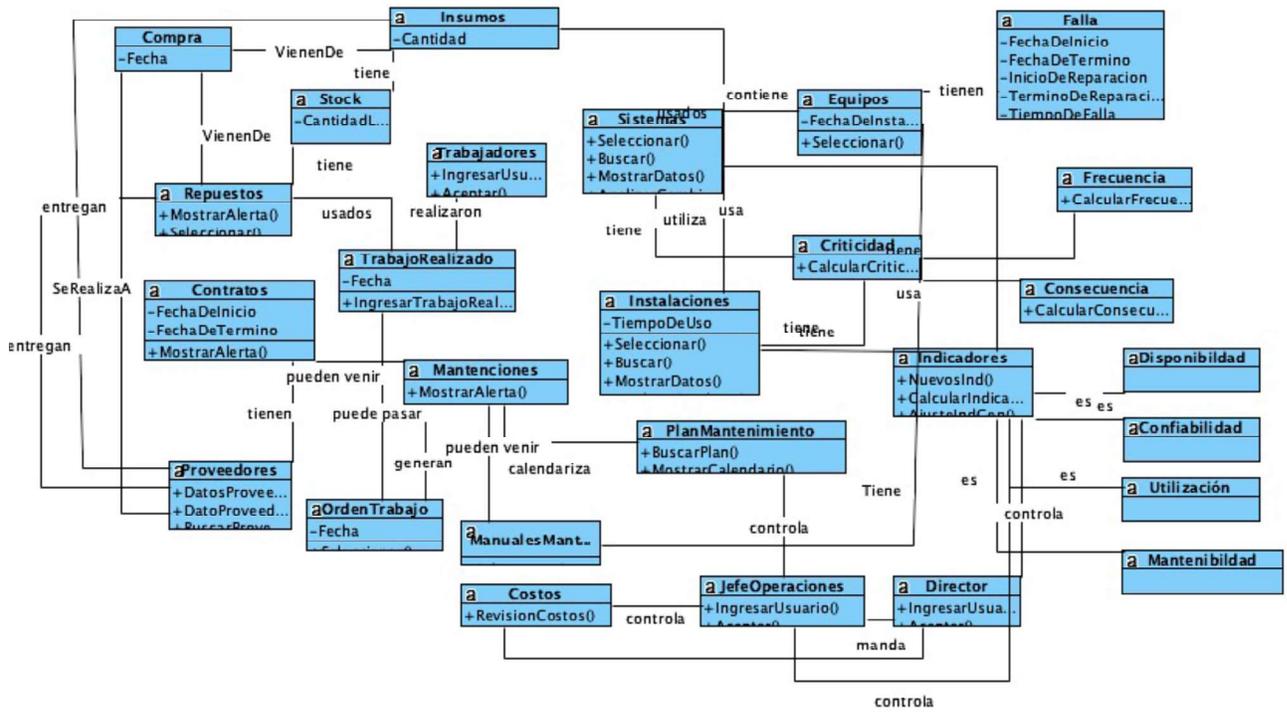
- **Operaciones de mantenimiento piscina, sección sistemas de recirculación y tratamiento de agua.**

#	Operaciones	Frecuencia
1	Purga de circuitos manómetros	Diario
2	Comprobar presión de trabajo	Diario
3	Purga de aire	Diario
4	Comprobar la estanquidad de conexiones	Semanal
5	Comprobar estanquidad depósito de arena	Mensual
6	Comprobar el nivel de arena	Anual
7	Comprobar el estado y granulometría de arena	Anual
8	Comprobar la homogeneidad de arena	Anual
9	Comprobar estado y anclaje de difusiones	Anual

ANEXO G: Operaciones de mantenimiento camarines. C.S.D

#	Operaciones	Frecuencia
1	Limpieza del Fondo	Diario
2	Comprobar solidez rejilla	Diario
3	Revisión niveles (PH - Cloro - T°)	Diario
4	Limpieza y Cepillado de las paredes	Semanal
5	Limpieza-Desinfección canal rebosadero	Mensual
6	Comprobar la estanquidad del vaso, tornillería y contrafuertes	Mensual
7	Desengrase de la pileta	Anual
8	Repaso Anti-algas	Anual
9	Limpieza de acero inoxidable	Anual
10	Revisar cortes de la superficie	Anual

ANEXO H: Diagrama de Clases de objetos reales



Anexo I: Diseño Clase: Equipo.

Nombre clase:	Equipos
---------------	---------

Campo	Tipo
idEquipo	int
Nombre	String
TiempoFalla	int
TiempoReparacion	int
NumeroFallas	int
TiempoDisponible	int
ConsumoElectricidadHora	int
ConsumoAguaHora	int
TPPR	int
TPPF	int
Confiabilidad	int
Mantenibilidad	int
Disponibilidad	int
Utilizacion	int
Sistema	String
Criticidad	String
ManualMantenimiento	file
Estado	Boolean

Constructor	Descripción
<i>Equipo(nombre, sistema)</i>	Crea un objeto <i>Equipo</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, para el resto de los valores se le asigna 0

Método	Descripción
<i>AgregarDocumentacion(idEquipo, nombre, file)</i>	Guarda en la base de datos el archivo <i>file</i> y lo asocia al id del equipo correspondiente al <i>nombre</i> ingresado, si este método se ejecuta

	correctamente muestra el mensaje "Registro exitoso", sino se muestra el mensaje "Intentalo de nuevo"
<i>FallasEquipo(idEquipo,nombre)</i>	Asigna a <i>TiempoFalla</i> , <i>TiempoReparacion</i> , <i>NumeroFallas</i> sus valores correspondientes al recorrer el registro de las fallas y sumar el total tiempos de falla, tiempos de reparación y numero de veces para el equipo respectivamente
<i>BuscarFallas(idEquipo)</i>	Recorre las fallas y entrega un arreglo con <i>idFallas</i> las cuales corresponden al <i>idEquipo</i>
<i>CalcularTiempoDisponible()</i>	
<i>CalculoTasas(TiempoFalla, TiempoReparacion, NumeroFallas)</i>	Dada las formulas obtiene <i>TPPF</i> y <i>TPPR</i>
<i>CalculoIndicadores(TPPF, TPPR, TiempoDisponible)</i>	Utiliza las formulas de los indicadores para calcularlos y asignarlos respectivamente
<i>CambiarEstado(estado)</i>	Si <i>estado</i> es 1 (funcionando) lo cambia a 0, si es 0 (No funcionando) lo cambia a 1

Anexo J: Diseño Clase: Sistema.

Nombre clase:	Sistema
---------------	---------

Campo	Tipo
idSistema	int
Nombre	String
TiempoFalla	int
TiempoReparacion	int
NumeroFallas	int
TiempoDisponible	int
TPPR	int
TPPF	int
Confiabilidad	int
Mantenibilidad	int
Disponibilidad	int
Utilizacion	int
Instalaciones	Array
Criticidad	String
Estado	Boolean

Constructor	Descripción
<i>Sistema(nombre)</i>	Crea un objeto <i>Sistema</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, posterior a esto

Método	Descripción
<i>CalcularTiempos(idSistema)</i>	Recorre los <i>Equipos</i> y por cada uno suma su valor de los campos (TiempoFalla, TiempoReparacion, NumeroFallas) a los del <i>Sistema</i> si este <i>Equipo</i> pertenece al sistema
<i>CambiarEstado(estado)</i>	Si estado es 1 (funcionando) lo cambia a 0, si es 0 (No funcionando) lo cambia a 1
<i>CalcularTiempoDisponible()</i>	

<i>CalcularCostos(idSistema)</i>	Recorre los <i>Equipos</i> y por cada uno suma su costo a los del <i>Sistema</i> si este <i>Equipo</i> pertenece al sistema
----------------------------------	---

Anexo K: Diseño Clase: InstalacionDeportiva.

Nombre clase:	InstalacionDeportiva
---------------	----------------------

Campo	Tipo
idInstalacionDeportiva	int
Nombre	String
Ubicacion	String
Asistentes	int
TiempoFalla	int
TiempoReparacion	int
NumeroFallas	int
TiempoDisponible	int
TPPR	int
TPPF	int
Confiabilidad	int
Mantenibilidad	int
Disponibilidad	int
Utilizacion	int
Criticidad	String
Estado	Boolean

Constructor	Descripción
<i>InstalacionDeportiva(nombre, ubicacion)</i>	Crea un objeto <i>InstalacionDeportiva</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, para el resto de los valores se le asigna 0

Método	Descripción
<i>CalcularTiempos(idInstalacionDeportiva)</i>	Recorre los <i>Sistemas</i> y por cada uno suma su valor de los campos

	<i>(TiempoFalla, TiempoReparacion, NumeroFallas)</i> a los del <i>Instalacion</i> si este sistema pertenece a la <i>Instalacion</i>
<i>CambiarEstado(estado)</i>	Si <i>estado</i> es 1 (funcionando) lo cambia a 0, si es 0 (No funcionando) lo cambia a 1
<i>CalcularTiempoDisponible()</i>	
<i>CalcularCostos(idInstalacionDeportiva)</i>	Recorre los <i>Sistemas</i> y por cada uno suma su costo a los de la <i>Instalacion</i> si este <i>Sistema</i> pertenece a la <i>Instalacion</i>

Anexo L: Diseño Clase: InstalacionNoDeportiva.

Nombre clase:	InstalacionNoDeportiva
---------------	------------------------

Campo	Tipo
idInstNoDeportiva	int
Nombre	String
Ubicacion	String
TiempoFalla	int
TiempoReparacion	int
NumeroFallas	int
TiempoDisponible	int
TPPR	int
TPPF	int
Confiabilidad	int
Mantenibilidad	int
Criticidad	String
Disponibilidad	int
Utilizacion	int
Estado	Boolean

Constructor	Descripción
<i>InstalacionNoDeportiva(nombre, ubicacion)</i>	Crea un objeto <i>InstalacionNoDeportiva</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, para el resto de los valores se le asigna 0

Método	Descripción
<i>CalcularTiempos(idInstalacionDeportiva)</i>	Recorre los <i>Sistemas</i> y por cada uno suma su valor de los campos (<i>TiempoFalla, TiempoReparacion, NumeroFallas</i>) a los del <i>Instalacion</i> si este <i>sistema</i> pertenece a la <i>Instalacion</i>

<i>CambiarEstado(estado)</i>	Si <i>estado</i> es 1 (funcionando) lo cambia a 0, si es 0 (No funcionando) lo cambia a 1
<i>CalcularTiempoDisponible()</i>	
<i>CalcularCostos(idInstalacionDeportiva)</i>	Recorre los <i>Sistemas</i> y por cada uno suma su costo a los de la <i>Instalacion</i> si este <i>Sistema</i> pertenece a la <i>Instalacion</i>

Anexo M: Diseño Clase: OrdenCompra.

Nombre clase:	OrdenCompra
---------------	-------------

Campo	Tipo
idOC	int
Costo	int
FechaEmision	date
Proveedor	String
Emisor	String
InsumosPedidos	Array (idProducto, Cantidad)
InsumosRecibidos	Array (idProducto, Cantidad)
FechaLLegada	int

Constructor	Descripción
<i>OrdenCompra(proveedor)</i>	Crea un objeto OrdenCompra asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, despues se ejecuta <i>SeleccionarInsumoProveedor(proveedor)</i>

Método	Descripción
<i>SeleccionarInsumosProveedor(proveedor)</i>	Se busca los objetos <i>Insumos</i> que tiene este proveedor, estos el <i>idInsumos</i> se agregan a <i>InsumosPedidos</i> y a <i>InsumosRecibidos</i> y se ejecuta <i>CantidadesInsumos(InsumosPedidos)</i>
<i>CantidadesInsumos(Insumos)</i>	Dado el arreglo <i>Insumos</i> se despliega una lista en pantalla junto a espacio para agregar la cantidad deseada a comprar, esta cantidad se agrega al arreglo en la columna <i>Cantidad</i>
<i>EmisionPago()</i>	Se crea un Objeto OrdenPago(OrdenCompra)

<i>AgregarInsumos(InsumosRecibidos)</i>	Por cada elemento del arreglo se ejecuta <i>agregar(cantidad)</i> para el <i>Insumo</i> con <i>idInsumo</i>
<i>LLegadaOC(fecha, idOC, costo)</i>	Se asigna <i>fecha</i> a <i>FechaLlegada</i> al Objeto con <i>idOC</i> , y se ejecuta <i>CantidadesInsumos(InsumosRecibidos)</i> , despues se ejecuta <i>AgregarInsumos(InsumosRecibidos)</i> y con el campo del Objeto anterior y posterior a el se ejecuta <i>EvaluacionProveedor()</i>

Anexo N: Diseño Clase: OrdenPago.

Nombre clase:	OrdenPago
---------------	-----------

Campo	Tipo
idOP	int
Costo	int
OrdenCompra	date
Proveedor	String
Estado	Boolean
FechaEmisionPago	int
FechaPago	int

Constructor	Descripción
<i>OrdenPago(OrdenCompra)</i>	Crea un objeto OrdenPago asignado los valores provistos desde el objeto OrdenCompra, estos son, Costo y proveedor. La FechaEmisionPago se asigna a la fecha del dia de ingreso

Método	Descripción
<i>RealizarPago()</i>	Se asigna la fecha del día a FechaPago y se cambia el estado 0, "No Pagado", a 1, "Pagado"

Anexo O: Diseño Clase: MantencionPreventiva.

Nombre clase:	MantencionPreventiva
---------------	----------------------

Campo	Tipo
idMantencion	int
Descripcion	String
Frecuencia	int
Costo	int
Encargado	String
Parar	Boleean
Duracion	int
InsumosNecesarios	Array
TipoEquipo	String

Constructor	Descripción
<i>Mantenciones(descripcion, equipo, frecuencia, costo, parar, duracion)</i>	Crea un objeto <i>Mantenciones</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, para el resto de los valores se le asigna 0

Anexo P: Diseño Clase: MantencionCorrectiva.

Nombre clase:	MantencionCorrectiva
Campo	Tipo
idMantencion	int
Descripcion	String
Costo	int
Encargado	String
Duracion	int
Fecha	date
InsumosNecesarios	Array
Equipo	String
Constructor	Descripción
<i>Mantenciones(descripcion, equipo, frecuencia, costo, parar, duracion)</i>	Crea un objeto <i>Mantenciones</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, para el resto de los valores se le asigna 0

Anexo Q: Diseño Clase: Contrato.

Nombre clase:	Contrato
---------------	----------

Campo	Tipo
idContrato	int
FechaInicio	date
FechaTermino	date
Costo	int
FrecuenciaCosto	int
Archivo	file
Proveedor	String
Tareas	Array
Estado	Boolean

Constructor	Descripción
<i>Contrato(fechainicio, fechatermino, costo, frecuencia, proveedor)</i>	Crea un objeto <i>Contrato</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, tanto para Archivo y Tareas los campos quedan vacios

Método	Descripción
<i>AlertaContrato(idContrato)</i>	Se despliega una alerta en pantalla proporcionando todos los datos del <i>Contrato</i> al que corresponda <i>idContrato</i>
<i>CambiarEstadoContrato(idContrato)</i>	Se asigna al estado Contrato al que corresponda idContrato el valor 0 y se ajusta este valor en la BD
<i>BuscarContratoProveedor(proveedor)</i>	Se busca en la BD los objetos <i>Contrato</i> a los que su campo <i>Proveedor</i> sea igual a <i>proveedor</i> , y se crea un arreglo con las <i>idContrato</i> de ellos
<i>MostrarContrato(idContrato)</i>	Se despliega en pantalla todos los datos del <i>Contrato</i> al que corresponda <i>idContrato</i>

<p><i>AsignarEncargado(Tareas, proveedor)</i></p>	<p>Para cada <i>tarea</i> perteneciente al arreglo <i>Tareas</i>, se asigna el valor <i>proveedor</i> a su campo <i>Encargado</i></p>
<p><i>CalcularVigencia(idContrato, FechaTermino, estado)</i></p>	<p>Comprueba si el <i>Contrato</i> esta vigente (<i>estado = 1</i>), si lo es resta la <i>FechaTermino</i> con <i>FechaActual</i> del sistema, si esta resta es menor a <i>x</i>, se ejecuta <i>AlertaContrato(idContrato)</i>, y si esta es menor o igual a cero se ejecuta <i>CambiarEstadoContrato(idContrato)</i></p>

Anexo R: Diseño Clase: Falla.

Nombre clase:	Falla
---------------	-------

Campo	Tipo
idFalla	int
FechaInicio	date
FechaTermino	date
InicioReparacion	date
TerminoReparacion	date
Equipo	String
Descripcion	String
TipoReparación	String
CostoFalla	int

Constructor	Descripción
<i>Falla(equipo, descripcion)</i>	Crea un objeto <i>Falla</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, se asigna la fecha de registro a <i>FechaInicio</i> , para el resto de los valores se le asigna 0

Método	Descripción
<i>IngresarArregloFalla(fecha, costo)</i>	Se asigna el valor fecha al campo <i>FechaTermino</i> , si la reparacion fue externa puede tener un costo que se ingresa y se suma a <i>CostoFalla</i>
<i>IngresarInicioReparacion(fecha, tipo)</i>	Se asigna el valor fecha al campo <i>InicioReparacion</i> y tipo a <i>TipoReparacion</i>
<i>IngresarFinReparacion(fecha)</i>	Se asigna el valor <i>fechaTermino</i> al campo <i>TerminoReparacion</i>
<i>CostoFalla(Equipo, FechaInicio, FechaTermino)</i>	Se calcula el tiempo que este equipo estuvo en para (<i>FechaTermino-FechaInicio</i>) y si este equipo generó una para en la instalacion se le suma el costo oportunidad, que es la suma de los precios no capturados por reservas, de no usar la instalacion a <i>CostoFalla</i>

<i>SeleccionarFallaEquipos(idEquipo)</i>	Recorre todas las fallas para entregar un arreglo con todas las fallas cuyo campo <i>Equipo</i> sea igual a <i>idEquipo</i>
<i>BuscarFalla(idFalla)</i>	Dado un <i>idFalla</i> despliega todos sus datos en pantalla

Anexo S: Diseño Clase: PlanMantenimiento.

Nombre clase:	PlanMantenimiento
---------------	-------------------

Campo	Tipo
idPlanMant	int
Fecha	date
Mes	int
Año	int
Equipo	String
Encargado	String
Mantencion	String

Constructor	Descripción
<i>PlanMantenimiento(todo)</i>	Se agregan todos los parametros a su respectivo campo

Método	Descripción
<i>CambiarFecha(fecha)</i>	Se cambia la Fecha por el valor agregado
<i>EliminarPM()</i>	Se elimina el Objeto

Anexo T: Diseño Clase: Insumo.

Nombre clase:	Insumo
---------------	--------

Campo	Tipo
Nombre	String
StockActual	int
Precio	int
StockSeguridad	int
PuntoDePedido	int
PedidoOptimo	int
CostoAlmacenamiento	int
ConsumoAnual	int
UltimoProveedor	String
Tipo	String
Proveedores	Array

Constructor	Descripción
<i>Insumo(Nombre, Tipo)</i>	Crea un objeto <i>Insumo</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, para el resto de los valores se le asigna 0

Método	Descripción
<i>BuscarProveedorInsumo(nombre)</i>	Despliega la lista de <i>Proveedores</i>
<i>CalculoEFQInsumo(costoAlmacenamiento, consumoAnual, precio, ultimoProveedor)</i>	Se va al registro del <i>ultimoProveedor</i> y busca el <i>TiempoEntregaPrometido</i> y <i>RetrasoEntrega</i> para calcular <i>StockSeguridad</i> , <i>PuntoDePedido</i> y <i>PedidoOptimo</i>
<i>Agregar(n)</i>	Se suma la cantidad <i>n</i> al <i>StockActual</i> y se actualiza su valor
<i>Quitar(n)</i>	Se resta la cantidad <i>n</i> al <i>StockActual</i> y se actualiza su valor y se ejecuta <i>AlertaInsumo</i>

<i>AlertaInsumo()</i>	Comprobar si el <i>StockActual</i> es menor o igual al <i>PuntoDePedido</i> , si lo es se emite una alerta, sino no se hace nada
-----------------------	--

Anexo U: Diseño Clase: Horario.

Nombre clase:	Horario
---------------	---------

Campo	Tipo
idHorario	int
Fecha	date
Mes	int
Año	int
Instalacion	String
Bloque	String
Usuario	String

Constructor	Descripción
<i>Horario(todo)</i>	Se agregan todos los parametros a su respectivo campo

Método	Descripción
<i>CambiarFecha(fecha)</i>	Se cambia la Fecha por el valor agregado
<i>EliminarHorario()</i>	Se elimina el Objeto

Anexo V: Diseño Clase: Repuesto.

Nombre clase:	Repuesto
Campo	Tipo
idRepuesto	int
Nombre	String
StockActual	int
Precio	int
StockSeguridad	int
PuntoDePedido	int
PedidoOptimo	int
CostoAlmacenamiento	int
ConsumoAnual	int
UltimoProveedor	String
Tipo	String
Instalacion/Equipo	String
Proveedores	Array
Constructor	Descripción
<i>Repuesto(nombre, tipo, instalacion)</i>	Crea un objeto <i>Respuesto</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, para el resto de los valores se le asigna 0
Método	Descripción
<i>BuscarProveedorInsumo(nombre)</i>	Despliega la lista de Proveedores
<i>CalculoEFQRepuesto(costoAlmacenamiento, consumoAnual, precio, ultimoProveedor)</i>	Se va al registro del <i>ultimoProveedor</i> y busca el <i>TiempoEntregaPrometido</i> y <i>RetrasoEntrega</i> para calcular <i>StockSeguridad</i> , <i>PuntoDePedido</i> y <i>PedidoOptimo</i>
<i>Agregar(n)</i>	Se suma la cantidad <i>n</i> al <i>StockActual</i> y se actualiza su valor

<i>Quitar(n)</i>	Se resta la cantidad <i>n</i> al <i>StockActual</i> y se actualiza su valor y se ejecuta <i>AlertaRepuesto</i>
<i>AlertaRepuesto()</i>	Comprobar si el <i>StockActual</i> es menor o igual al <i>PuntoDePedido</i> , si lo es se emite una alerta con el nombre del insumo, sino no se hace nada

Anexo W: Diseño Clase: ProveedorInsumo.

Nombre clase:	ProveedorInsumo
---------------	-----------------

Campo	Tipo
idProveedorInsumo	int
Nombre	String
Telefono	int
Direccion	String
Rubro	String
PorcentajeProductosEntregados	int
TiempoEntregaPrometido	int
RetrasoEntrega	int
InsumosEntregados	Array
web	String
NumeroPagos	int
PromedioPagos	int
DiasPagoDDAF	int

Constructor	Descripción
<i>ProveedorInsumo(nombre,telefono,direccion,rubro,web)</i>	Crea un objeto <i>Proveedor</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, para el resto de los valores se le asigna 0

Método	Descripción
--------	-------------

<i>BuscarProveedores(nombre)</i>	Muestra los datos del objeto <i>Proveedor</i> al que corresponda <i>nombre</i>
<i>CalcularPorcentaje(OCs)</i>	Para cada componente de OCs se obtienen la diff y se suman todas y se divide por el total de elementos del arreglo (% de No entregados) y este numero se resta a 1 y este resultado se asigna a <i>PorcentajeProductosEntregados</i>
<i>RendimientoProveedor(iProveedor)</i>	Se recorren las OrdenCompra que tengan <i>idProveedor</i> , si lo tiene se agrega su <i>idOC</i> a un arreglo, OCs, y se ejecuta <i>CalcularPorcentaje(OCs)</i> y <i>CalcularDesfaseTiempo(OCs)</i>
<i>TiempoPagoDDAF(FechaPago, FechaEmisionPago)</i>	Suma 1 a <i>NumeroPagos</i> y suma (<i>FechaPago-FechaEmisionPago</i>) a <i>DiasPagoDDAF</i> y calcula el <i>PromedioPagos</i> como <i>DiasPagoDDAF</i> dividido por <i>NumeroPagos</i> y actualiza este valor
<i>CalcularDesfaseTiempo(OCS)</i>	Para cada componente de OCs se obtienen la diff de tiempos y se suman todas y se divide por el total de elementos del arreglo (% de No entregados) y este resultado se asigna a <i>RetrasoEntrega</i>

Anexo X: Diseño Clase: ProveedorContrato.

Nombre clase:	ProveedorContrato
Campo	Tipo
idProveedorContrato	int
Nombre	String
Telefono	int
Direccion	String
Rubro	String
PorcentajeTareasRealizadas	int
web	String
NumeroPagos	int
PromedioPagos	int
DiasPagoDDAF	int
Constructor	Descripción
<i>ProveedorContrato(nombre,telefono,direccion,rubro,web)</i>	Crea un objeto <i>Proveedor</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, para el resto de los valores se le asigna 0
Método	Descripción
<i>BuscarProveedores(nombre)</i>	Muestra los datos del objeto <i>Proveedor</i> al que corresponda nombre
<i>CalcularPorcentaje(Contratos)</i>	Para cada componente de OCs se obtienen la diff y se suman todas y se divide por el total de elementos del arreglo (% de No realizadas) y este numero se resta a 1 y este resultado se asigna a PorcentajeTareasRealizadas
<i>RendimientoProveedor(iProveedor)</i>	Se recorren los Contratos que tengan idProveedor, si lo tiene se agrega su idContratos a un arreglo, Contratos, y se ejecuta CalcularPorcentaje(Contratos)

<i>TiempoPagoDDAF(FechaPago, FechaEmisionPago)</i>	Suma 1 a NumeroPagos y suma (FechaPago-FechaEmisionPago) a DiasPagoDDAF y calcula el PromedioPagos como DiasPagoDDAF dividido por NumeroPagos y actualiza este valor
<i>CalcularDesfaseTiempo(Contratos)</i>	Para cada componente de OCs se obtienen la diff de tiempos y se suman todas y se divide por el total de elementos del arreglo y este resultado se asigna a RetrasoEntrega

Anexo Y: Diseño Clase: Usuario.

Nombre clase:	Usuario
---------------	---------

Campo	Tipo
idUsuario	int
Nombre	String
Tipo	String
Telefono	int
Email	String

Constructor	Descripción
<i>Usuario(nombre, tipo, telefono, email)</i>	Crea un objeto <i>Usuario</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo

Anexo Z: Diseño Clase: UsuarioDDAF.

Nombre clase:	UsuarioDDAF
---------------	-------------

Campo	Tipo
idUsuarioDDAF	int
Nombre	String
Cargo	String
Autorizaciones	Array

Telefono	int
Email	String
Contraseña	String

Constructor	Descripción
<i>UsuarioDDAF(nombre, cargo, telefono, email)</i>	Crea un objeto <i>UsuarioDDAF</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, finalmente se asignan las <i>Autorizaciones</i> dependiendo del <i>cargo</i>

Anexo AA: Diseño Clase: Costo.

Nombre clase:	Costos
---------------	--------

Campo	Tipo
idCosto	int
Mes	fecha
Año	int
Nombre	String
Area	String
Valor	int

Constructor	Descripción
Costo(nombre, mes)	Se asigna los valores al campo correspondiente

Anexo AB: Diseño Clase: Presupuesto.

Nombre clase:	Presupuesto
---------------	-------------

Campo	Tipo
idPresupuesto	int
Total	int
año	int
Area	int

Constructor	Descripción
<i>Presupuesto(año, area, total)</i>	Se crea un objeto con los parametros ingresados

Anexo AC: Diseño Clase: Notificacion.

Nombre clase:	Notificacion
---------------	--------------

Campo	Tipo
Fecha	date
Usuario	String
Area	String
Descripcion	String

Constructor	Descripción
<i>Notificacion(usuario,area,descripcion)</i>	Crea un objeto <i>Notificacion</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo y al valor <i>fecha</i> se asigna el valor actual

Método	Descripción
<i>RegistrarNotificacion(usuario,area, descripcion, fecha)</i>	Guarda la notificación y sus parámetros en la Base de Datos
<i>PublicarNotificacion(usuario,area, descripcion, fecha)</i>	Genera una alerta en el programa, además envía un mail al encargado del área correspondiente y al Jefe de Operaciones

Anexo AD: Diseño Clase: Reserva.

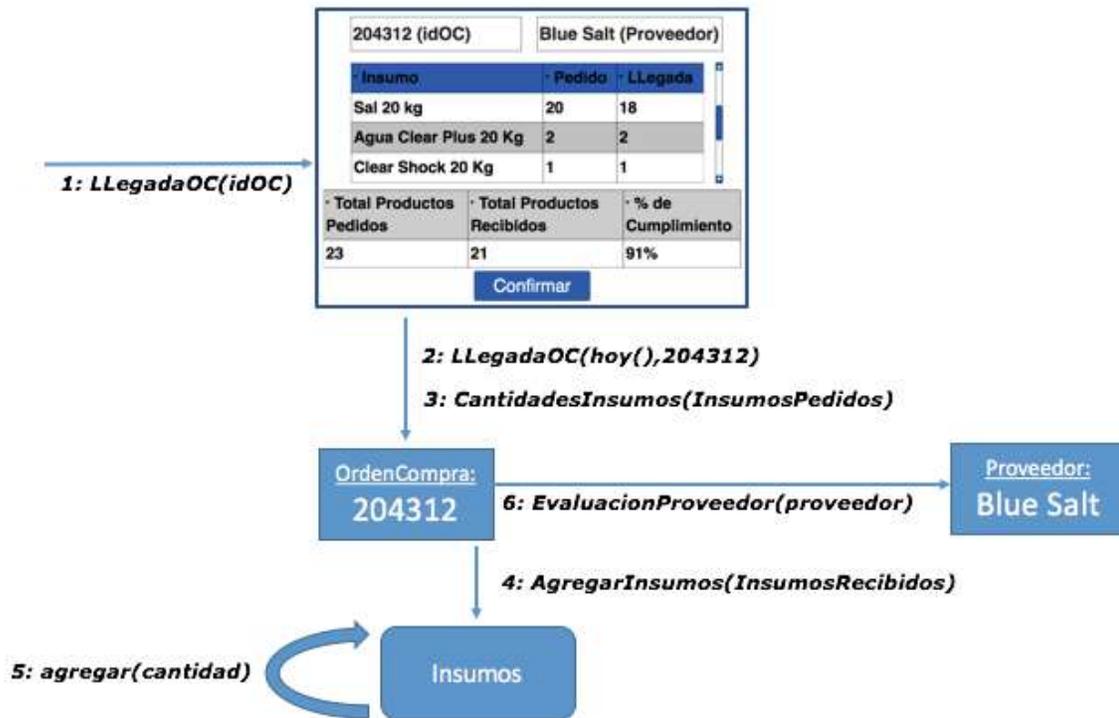
Nombre clase:	Reserva
---------------	---------

Campo	Tipo
idReserva	int
Bloque	String
FechaReserva	date
Usuario	String
Instalacion	int
Precio	int
Estado	Boolean
EstadoPago	Boolean
FechaReservada	date

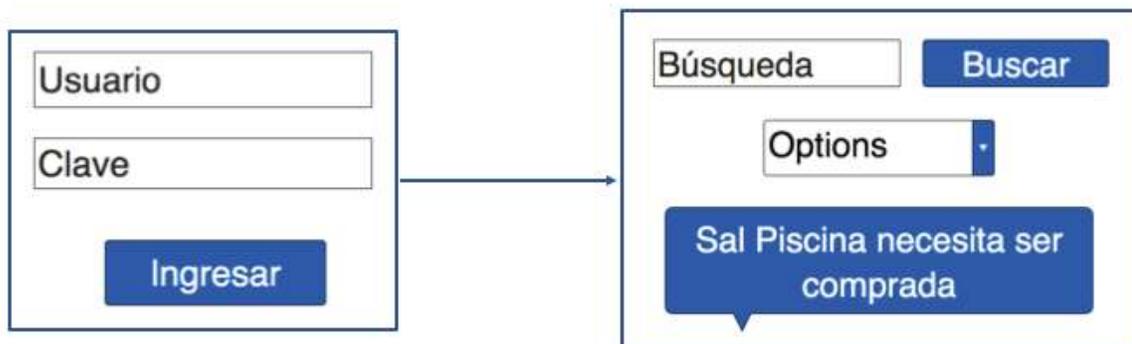
Constructor	Descripción
<i>Reserva(bloque, dia, usuario, instalacion, fechaReservada)</i>	Crea un objeto <i>Reserva</i> asignado los valores provistos por el usuario a su respectivo campo, se rellenan los siguientes campos

Método	Descripción
<i>RecibirPago(idReserva)</i>	Se agrega un ingreso con el precio y el EstadoPago de la Reserva se actualiza 1
<i>CancelarReserva(idReserva)</i>	Se actualiza el <i>Precio</i> de la reserva y se cambia el <i>Estado</i> a 0

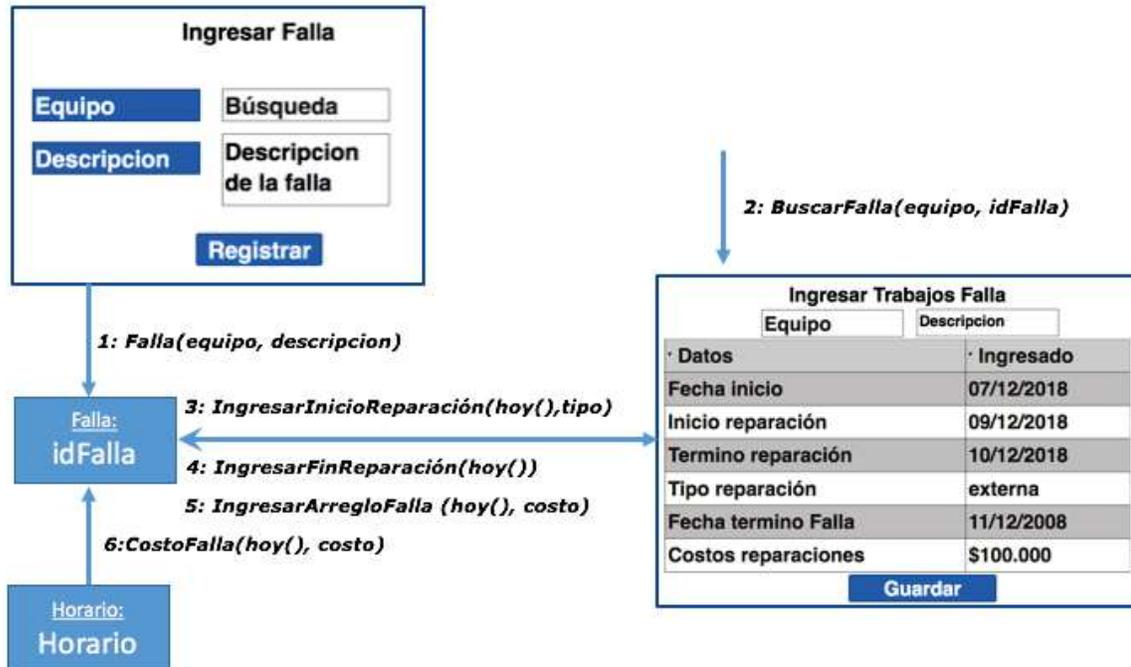
Anexo AE: Visualización del proceso para registrar la llegada de una orden de compra



Anexo AF: Visualización del proceso de ingreso al sistema



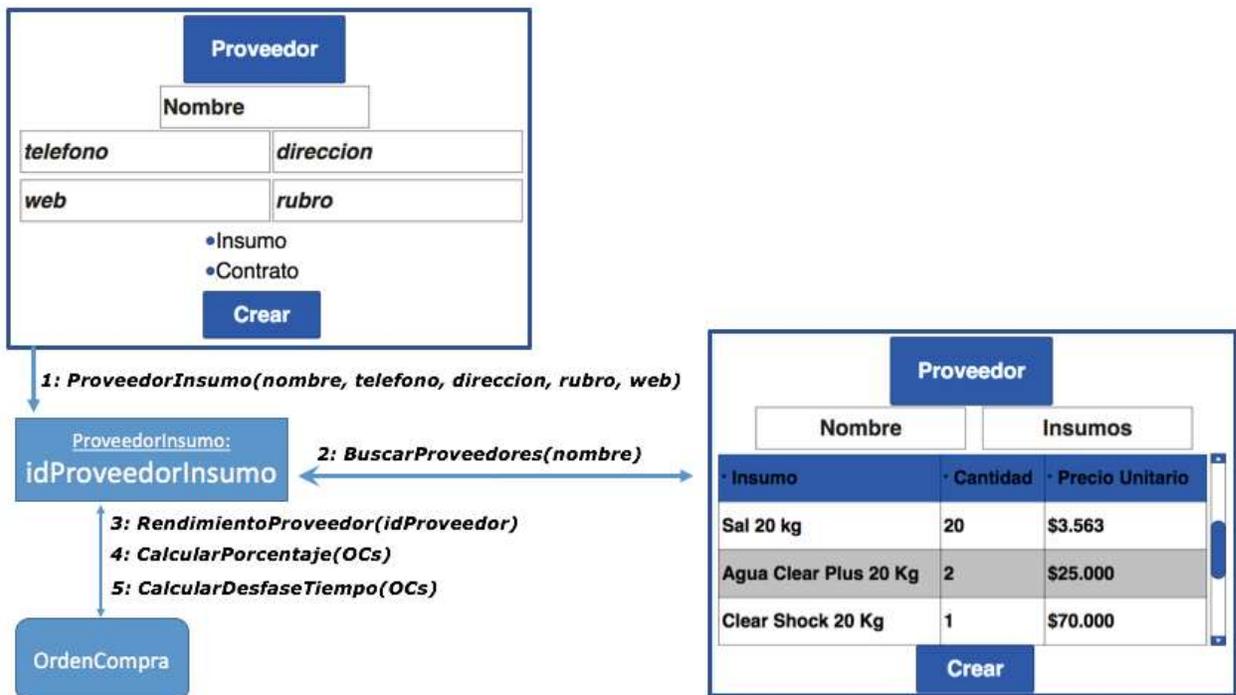
Anexo AG: Visualización del proceso para ingresar una falla



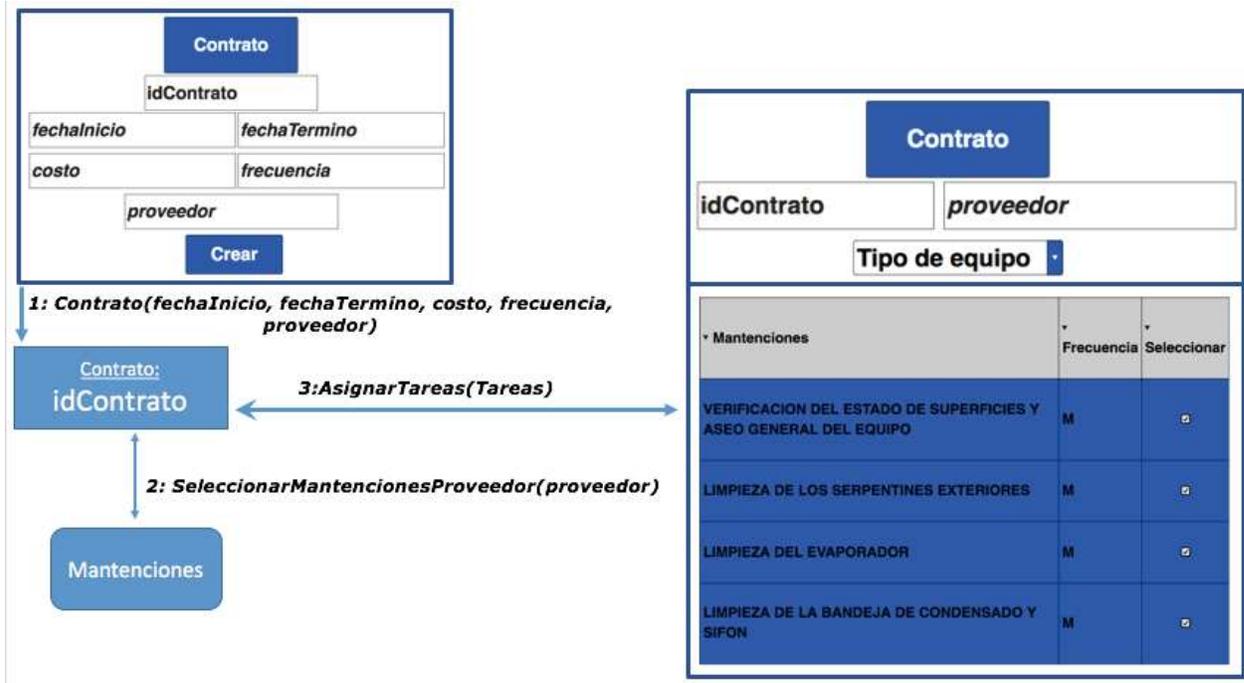
Anexo AH: Visualización del proceso para crear una reserva



Anexo AI: Visualización del proceso de registrar un proveedor de insumos



Anexo AJ: Visualización del proceso de registrar un contrato



Anexo AK: Modelo Lógico de Datos

