

Universidad de La Habana  
Facultad de Matemática y Computación



## **Sistema para la Gestión de Horarios.**

**Autor: José Carlos Hernández Piñera**

**Tutor: Lic. Pedro Rubén Quintero Rojas**

Trabajo de Diploma  
presentado en opción al título de  
Licenciado en Ciencias de la Computación



Noviembre de 2022

# Agradecimientos

Muchas fueron las personas que me ayudaron, no solo en la realización de esta tesis, sino en la carrera en general; gracias a ellos hoy finalmente puedo decir que mi sueño fue cumplido.

Merecen un lugar especial:

Mis padres, quiénes estuvieron en todo momento junto a mí y me apoyaron en todas las dificultades que se presentaron en estos 5 años.

Mi novia Claudia, la que soportó cada uno de mis malos días y me aconsejó cada vez que las cosas no me funcionaban o no salían como se esperaba.

Abelito, compañero en todo el trayecto y con el que pude contar en cada uno de los momentos difíciles, cuándo pensaba que no iba a poder con todo.

Mi tutor Pedro Rodríguez, por aceptarme como tesista y dedicarme parte de su tiempo y atención.

Mis profesores: Piad y Somoza de los cuáles aprendí muchas cosas y de los que me sentiré infinitamente agradecido.

Estoy seguro que me faltan muchos que no mencioné, pero que también estuvieron ahí en todos los momentos y se aseguraron de que todo el trayecto fuera especial; para todos ellos muchas gracias.

# Opinión del tutor

Durante los últimos meses José Carlos ha venido desarrollando la tesis de diploma “Sistema para la Gestión de Horarios” que constituye uno de los requisitos para convertirse en licenciado en ciencias de la computación. El trabajo de José Carlos consiste en una herramienta capaz gestionar el proceso de confección de horarios de inicio a fin. Las personas que crean los horarios docentes, podrán crear la planificación docente de la facultad a través de un sitio web cómodo y con varias facilidades.

Durante ese período Jose Carlos fue capaz de leer bibliografía actualizada, aprender tecnologías modernas, utilizar patrones de diseño y buenas prácticas de programación. Jose Carlos trabajó de manera muy independiente y en la mayoría de las situaciones fue capaz de resolver los problemas a los que se enfrentó con mucha destreza, lo que demuestra la solidez de los conocimientos adquiridos durante la carrera. Integró conocimientos y habilidades de diferentes asignaturas y disciplinas de varios años.

Creemos que está listo para obtener su título de licenciado en ciencias de la computación y enfrentarse a la vida profesional como una persona muy capaz y con sobrados conocimientos técnicos.

Por todo lo antes expuesto, considerando la actualidad del trabajo realizado y su gran utilidad, propongo la calificación de excelente.

La Habana, 24 de noviembre de 2022.  
Lic. Pedro Rubén Quintero Rojas  
Facultad de Matemática y Computación  
Universidad de La Habana, Cuba

# Resumen

La confección y gestión de horarios es una de las tareas que se realizan en todos los centros educativos. La idea es presentar un software que se adapte a las necesidades de la Facultad de Matemática y Computación de la Universidad de La Habana, y que resuelva la problemática de la gestión del horario. Se presenta una aplicación web que incluye el manejo de profesores, locales, asignaturas, grupos, facultades e incluso universidades. El sistema es capaz además, de interactuar con restricciones que los profesores definan a partir de sus necesidades, con lo que se desarrolla una forma de evaluar que tan buena es la distribución de turnos de clase realizada, atendiendo a estas condiciones.

# Abstract

Handling a timetable is one of the most common task that are made in all educational center. The main idea is to show a software that handle schedule problems in Faculty of Math and Computer at University of Havana. A web application is presented, its include handle of teachers, locals, lessons, groups, faculties and even universities. The system is able to interact with restrictions which are defined by teachers as well. Those restrictions make possible to have a way for evaluating a specific distribution made for someone else.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	2
1.2. Objetivos . . . . .	3
1.3. Estado del Arte . . . . .	4
1.3.1. Herramientas de gestión . . . . .	4
1.4. Convenciones de estilos . . . . .	5
<b>2. Enfoque de solución</b>	<b>6</b>
2.1. Entidades del sistema . . . . .	7
2.2. Modelo entidad-relación (MERX) . . . . .	10
2.3. Turno de Clase . . . . .	11
2.4. Manejo de restricciones . . . . .	12
2.4.1. Tipos de restricciones . . . . .	15
2.5. Felicidad del sistema . . . . .	17
2.5.1. Fórmula de la felicidad relativa a un profesor . . . . .	17
2.5.2. Felicidad relativa al sistema . . . . .	18
<b>3. Detalles de implementación</b>	<b>19</b>
3.1. Tecnologías . . . . .	19
3.2. Arquitectura . . . . .	20
3.3. Aplicación visual . . . . .	21
3.4. Autenticación . . . . .	23
3.5. Permisos y Usuarios . . . . .	24
3.6. Sistema de reportes . . . . .	25
3.7. Base de datos . . . . .	26
3.8. Docker . . . . .	26
3.8.1. NGINX . . . . .	27
<b>4. Conclusiones</b>	<b>28</b>
4.1. Breve resumen del trabajo . . . . .	28
4.2. Cumplimiento de objetivos . . . . .	29
4.3. Recomendaciones . . . . .	30
<b>Referencias</b>	<b>32</b>

# Índice de figuras

1.1. Convenciones de estilos . . . . .	5
2.1. Representación del horario . . . . .	7
2.2. Relación entre Universidad, Facultad, Carrera y Departamento .	8
2.3. Relación entre entidades . . . . .	9
2.4. Modelo entidad-relación . . . . .	10
2.5. Restricción base. . . . .	15
2.6. Restricciones con sus atributos. . . . .	17
3.1. Domain Driven Design . . . . .	21
3.2. Vista por defecto del sistema. . . . .	22
3.3. Distribución por locales de los turnos de clase. . . . .	23
3.4. Estructura del token [1] . . . . .	23
3.5. Operador & entre dos números [2] . . . . .	25

# Índice de tablas

2.1. Ejemplos de representación de condiciones . . . . .	14
--	----



# Capítulo 1

## Introducción

Desde tiempos de antaño el hombre se ha visto en la necesidad de manejar, de la manera más adecuada posible, sus recursos; no solo para conseguir prolongar la vida de estos, sino además para contar con una aceptada utilización de los mismos. Uno de los principales problemas que aqueja a la sociedad actual es la dificultad que se presenta para garantizar un óptimo manejo de nuestro *tiempo*. [3]

La denominada *gestión del tiempo* hace referencia a la forma en que cada uno organiza y planifica cuánto invierte en actividades específicas. En muchos escenarios cotidianos, a la planificación de las actividades no se le ofrece demasiada atención y esta es manejada a la ligera; por otro lado, existen ámbitos donde se hace necesario garantizar una manipulación detallada de todo el proceso.

Con la llegada de las tecnologías actuales y la facilidad con que las personas cambian de actividad, el desarrollo de un software que garantice una planificación de nuestra agenda diaria, resulta casi imprescindible.

Un ejemplo claro donde sin duda se comprueba el proceso antes expuesto, es la gestión de las actividades de un centro de estudios y más aún en esta época donde contamos con grandes instituciones universitarias que albergan a cientos de estudiantes con diferentes planes de trabajo y manejan un número considerable de recursos y útiles.

La confección de un horario para una institución universitaria puede llegarse a considerar como algo sencillo, pero cabe destacar que la persona encargada de dicha labor, emplea un valioso tiempo en esto; puesto que hay que preveer que no existan colisiones entre los turnos, los locales, los profesores, además de garantizar que todas las actividades se realicen con la frecuencia que corresponde para garantizar el aceptado desarrollo del proceso de aprendizaje por parte del estudiantado.

Resulta llamativo como varias universidades cubanas hoy en día aún no cuentan con un sistema propio (o de terceros) para realizar las tareas de confección del horario; sino que en la mayoría de los casos usan softwares como *Microsoft Excel* para gestionar el mismo; lo cual, sin lugar a dudas es sumamente ineficiente y genera un esfuerzo extra para la persona que está desarrollando el mismo,

quién sin lugar a dudas debe tener otra serie de tareas que requieran de más importancia.

El trabajo en cuestión persigue presentar un software para proporcionar un sistema que permita manejar el sistema de turnos de clases de la *Facultad de Matemática y Computación* de *La Universidad de La Habana*.

## 1.1. Motivación

Desde hace poco más de 10 años en la Facultad de Matemática y Computación se ha venido gestado la idea de presentar un modelo de horario propio que sea capaz de satisfacer las necesidades internas de la misma. Con anterioridad se han realizado otras tesis de diplomas dedicadas a abordar cuestiones más específicas relacionadas con esta índole; dígase: manejo de restricciones, generación automática de horarios, entre otros aspectos.

Las herramientas analizadas previamente, que resolvían el problema del horario, en su mayoría presentaban carencias que se consideraron esenciales a la hora de darle solución al asunto que estamos abordando. Dichas carencias se manejaron dentro del software presentado para garantizar que fueran cubiertas y erradicadas en su totalidad.

Los beneficios finales que ofrecerá el software llaman la atención de todos los interesados en contar con una herramienta de tal tipo, y es sumamente viable tratarlos como aspectos motivadores a la hora de analizar el resultado final. Se contará por ejemplo, con un sistema de restricciones asociado a todas las entidades del sistema y no solo centrado en los turnos de clases y los profesores; aunque es válido notar que casi todas las condiciones impuestas se relacionan con estos campos.

El software posibilitará también contar con un sistema centralizado, alojado dentro del nodo de la facultad, lo que hará posible que se pueda acceder en tiempo real por todos los estudiantes y los profesores. Además esto hará más factible la distribución y organización interna de la institución, puesto que cualquier cambio dentro del sistema, puede ser analizado inmediatamente por todos los interesados.

La edición y el mantenimiento del software, también se realizará de manera relativamente sencilla, con esto se garantiza que se pueda adicionar en el futuro cualquier otra funcionalidad que se considere necesaria o que aporte algún beneficio a la universidad.

Los profesores son considerados usuarios privilegiados dentro de la aplicación, pues se permite que estos interactúen directamente con los turnos y que muestren sin necesidad de ser administradores, sus inconformidades - por medio de las restricciones - con la distribución presentada.

Para la persona encargada de la creación del horario, un sistema dedicado especialmente a esto, trae consigo una mejora sustancial; pues es posible detectar datos erróneos durante la confección, se puede tener un control detallado de los profesores, así como de la gestión de locales para poder determinar fácilmente cuáles se encuentran disponibles en un momento y espacio determinado.

En muchos casos es necesario obtener aulas vacías, simplemente para dedicarlas a otras actividad o porque se pretenden usar en otro tipo de eventos. En un gran número de casos esto puede traer un trabajo extra para la persona encargada de realizar tal gestión. El sistema propuesto posibilita que dicha tarea se realice en cuestiones de segundos y sin esfuerzo alguno, debido a que se proporcionan varias vistas o formas de representar el conjunto de turnos que ofrecen una solución al problema que se plantea. La distribución por recursos, cubre tal aspecto; es posible indentificar todos los locales dentro de la facultad y los horarios en que están ocupados o libres los mismos; además empleando los filtros personalizados se puede hacer incluso más sencilla la tarea.

## 1.2. Objetivos

Se tiene como **objetivo general** presentar una aplicación web que cubra las carencias y dificultades que se exhiben en la facultad de Matemática y Computación de La Universidad de La Habana con respecto a la gestión, distribución y creación del sistema de horarios. La aplicación debe ser lo más sencilla posible para permitir que todo tipo de usuarios interactúen con ella. Como **objetivos más específicos**, el sistema deberá:

1. Identificar las colisiones presentes entre los turnos, profesores y locales.
2. Mostrar diversas vistas que hagan posible el chequeo de los turnos de la manera más productiva posible (vista de locales, diaria, por semanas, mensual).
3. Visualizar en cualquier momento que se considere necesario, no solo el horario completo sino secciones específicas del mismo.
4. Permitir la generación de archivos en formato *Excel*, para ser exportados, y que cuenten con toda la distribución de los turnos de clase.
5. Permitir el manejo de restricciones o condiciones impuestas sobre todas las entidades del sistema y refelejar el cumplimiento (o no) de estas en una sección dedicada.
6. Ofrecer un manejo de los profesores, asignaturas, grupos, locales y demás aspectos relacionados con una institución educacional.
7. Cubrir el manejo de varias facultades a la vez e incluso, llegado a ser el caso de varias universidades.

El documento en cuestión se estructura como se detalla a continuación: en el capítulo 2 se presenta una descripción más explícita del problema así como el enfoque de solución ofrecido. Por otro lado en el 3 se describirán todos los detalles de implementación referentes al software ofrecido; dando lugar más adelante a la presentación de las conclusiones.

### 1.3. Estado del Arte

El tema del manejo, creación y gestión de un sistema de horarios ha sido abordado por un gran número de personas, en muchos ámbitos diferentes.

Usualmente el proceso de confección de un horario para un centro universitario sigue una serie de puntos o pautas, dígame por ejemplo:

1. Definir la cantidad de turnos que se impartirán en un día lectivo.
2. Definir la disposición de las aulas activas para albergar los turnos de clase.
3. Planificar los planes de estudio por cada uno de los años.
4. Definir una distribución para cada una de las asignaturas que se involucren dentro del punto anterior. En dicha distribución se debe evitar colisiones entre los participantes.
  - a) En un escenario ideal en dicha distribución se debería considerar quizá la opinión de los profesores para garantizar un sistema lo más ajustado posible a las necesidades de todas los involucrados en el proceso.

Lo mejor sería contar con una aplicación que brindara el mayor soporte posible a la persona que se encarga de confeccionar el sistema; para así garantizar con el ello que el trabajo resulte lo más sencillo posible y que durante la tarea de planificar la distribución se compruebe de forma automática las posibles colisiones entre cada uno de los turnos, locales, asignaturas y profesores.

#### 1.3.1. Herramientas de gestión

El ejemplo más concreto que se analizó antes de la creación del presente trabajo fue un sistema desarrollado en 2019 entre un grupo de universidades de América del Norte y Europa: UniTime[4]. Este sistema ofrece soporte en un gran número de escenarios, dígame por ejemplo la creación de una especie de salas para la planificación de eventos así como el manejo de secciones individuales por estudiantes. Además cuenta con una pequeña comunidad que brinda soporte al mismo por lo que se realizan versiones y modificaciones periódicamente.

Otra herramienta que también llamo la atención fue Unit[5]. Este software confecciona automáticamente los horarios del colegio a partir de los criterios pedagógicos que se determinen en el centro. Propone al usuario una serie de alternativas diferentes sobre las que se pueden hacer cambios manuales. Incorpora además otras funcionalidades, dígame: la posibilidad de crear horas de entrada y recreos de los alumnos en horarios diferentes, planificar rangos de horas en que los profesores deben impartir clases por contrato, manejo óptimo del horario guardias, planificación de sustituciones o estadísticas, entre otras. Este generador de horarios está completamente integrado en la plataforma de gestión Alexia.[6]

Otro sistema que resaltó entre los revisados fue Peñalara GHC[7]. Se trata de una aplicación que permite llevar a cabo la gestión completa de los horarios escolares teniendo en cuenta los requisitos académicos, pedagógicos y organizativos del centro. Se muestra como buen candidato para todo tipo de niveles e instituciones educativas, pues organiza de forma objetiva y mediante la elección de un perfil de usuario los horarios semanales. Tiene la capacidad de resolver cualquier problema de planificación de profesores, espacios, sesiones lectivas. Además, es posible acceder a los archivos del software a través de Internet así como exportar los horarios a gestores de calendarios.

La principal cuestión que motivó el desarrollo de un sistema propio de la universidad y la no utilización de estas herramientas que ya existían, fue la posibilidad de analizar directamente nuestras necesidades y actuar en consecuencia. Involucrar más a los profesores en la tarea por medio del manejo de restricciones fue una de ellas; dichas restricciones ofrecen un grado de *felicidad* al ser evaluadas y permiten la apreciación por parte del creador del horario de que tan bueno resulta la distribución brindada a los turnos de clases; que viene siendo, en definitiva, el punto central de todas estas herramientas.

Otros autores manejan en sus sistemas un concepto similar al de *restricción*, pero estas están en todos los casos relacionadas con un profesor y un turno de clase; en cambio en el presente software se permite asociarlas a cualquier entidad definida dentro del sistema, dígase por ejemplo: *local*, *departamento*.

## 1.4. Convenciones de estilos

Dentro del presente documento, se mostrarán una serie de figuras o diagramas, para facilitar la comprensión del lector. A continuación se ofrece una descripción de las convenciones seguidas para construir las mismas.

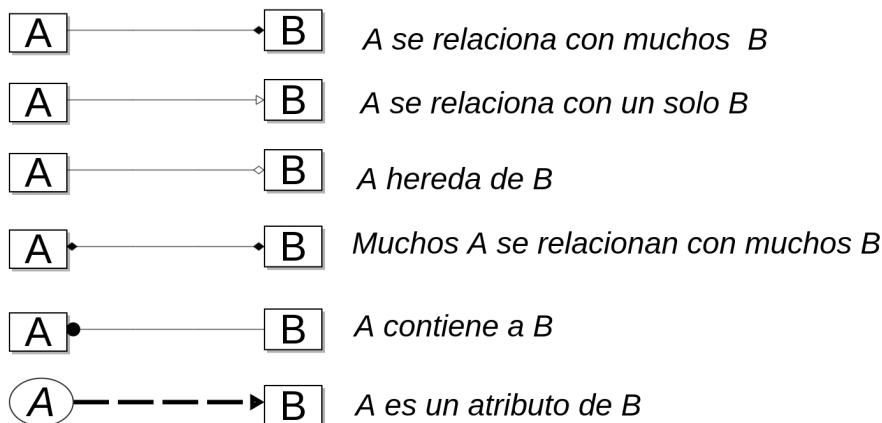


Figura 1.1: Convenciones de estilos

## Capítulo 2

# Enfoque de solución

En el capítulo se pretende hacer alusión a las cuestiones relacionadas con la propuesta de software que se ofrece, brindando definiciones, conceptos, gráficos y demás aspectos que se hagan necesarios para lograr una adecuada comprensión de la implementación realizada.

Se ofrece una solución lo más simple posible, pero que a la vez cubra todas las necesidades y pueda manejar de la manera más adecuada todos los casos de uso que se presenten. Para el desarrollo de la aplicación se emplea un enfoque DDD (Domain Driven Design) y el uso del patrón CQRS (Command and Query Responsibility Segregation); en el próximo capítulo (3) se ofrecerá una descripción detallada de tales conceptos así como la razón de la elección.

Si se decidiera describir el sistema en pocas palabras (figura 2.1), se pudiera decir que el horario es una colección de turnos de clase y que un turno de clase está asociado a: un profesor, un local, una asignatura, un grupo, una fecha y un tipo (conferencia, clase práctica, laboratorio, etc); además de cada uno de estos elementos tiene sus propios atributos y relaciones entre ellos. Cada profesor puede definir restricciones sobre el sistema y el cumplimiento (o no de estas) se refleja en la felicidad del horario.

El uso de esta herramienta y del sistema de horarios en general necesita de un flujo de trabajo que permita en cada momento contar con los datos necesarios para efectuar los pasos correspondientes.

- Introducción de los datos administrativos: se actualiza el listado de profesores, locales, asignaturas, grupos, facultades y universidades.
- Definición de prioridades dentro de los profesores: a la hora de crear un profesor(o en la edición de este) se hace posible agregar(modificar) el entero que representa la prioridad del mismo. Por defecto la prioridad de un profesor se fija en 1.
- Definición de restricciones: los profesores o el administrador del sistema, pueden agregar condiciones sobre la distribución del horario. Para cada restricción además se define la prioridad que tiene.

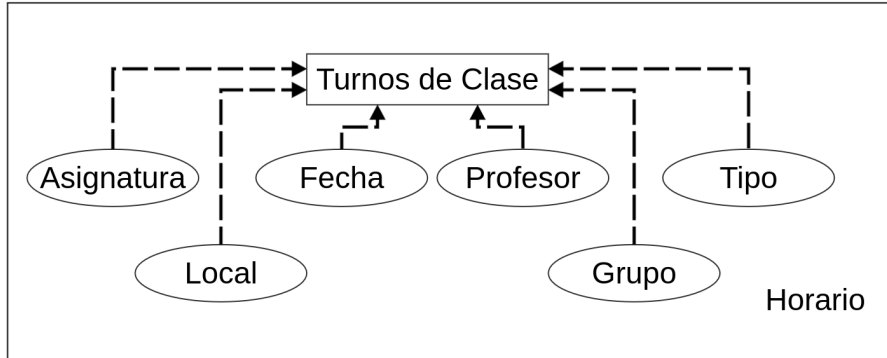


Figura 2.1: Representación del horario

- Generación de reportes: obtención de un archivo en formato *Excel* que haga posible la distribución del sistema y la posible visualización del mismo de manera offline.
- Gestión de semestres y semanas: habilidad de definir los semestres, dígame fecha de inicio y finalización del mismo. Las semanas se crean de forma automática una vez definido el semestre.
- Visualización en diversas modalidades: posibilidad de obtener vistas agrupadas por diferentes condiciones; dígame: vistas diarias, semanales, mensuales y por recursos.
- Modificación, eliminación y edición de los turnos de clase: tarea principal del sistema.

## 2.1. Entidades del sistema

Para lograr una mayor comprensión y garantizar por tanto que sea entendido el proceso de modelación del problema; se hace necesario presentar, en primera instancia, una descripción de cada una de las entidades que se usan, así como breves datos de utilidad acerca de estas.

**Universidad:** Garantizar que el software presentado sea capaz de funcionar en el mayor número de escenarios. Esta entidad es considerada la raíz, en el grafo que representa la relaciones entre todas; es decir, para describir cualquier gestión o para proceder a la confección del horario se hace necesario la previa definición de la universidad. Es válido notar, que en la mayoría de los casos se manejará solamente una universidad.

**Facultad:** Maneja todas las facultades presentes dentro de la universidad. La facultad es la encargada de manejar las carreras, así como los locales del sistema. Cada departamento está asociado a una facultad.

**Carrera:** Agrupa todas las carreras que puedan existir dentro de una facultad. Ofrece una forma de manejar además conjuntos de grupos, profesores y asignaturas.

**Departamento:** Es la forma más general de agrupar los conjuntos de profesores. Cada departamento pertenece además a una facultad específica.



Figura 2.2: Relación entre Universidad, Facultad, Carrera y Departamento

**Asignatura:** Constituye uno de los elementos principales del turno de clase, quién es en definitiva la entidad principal del sistema. Las asignaturas se muestran agrupadas por carreras. Además de cada asignatura se conoce el profesor principal que la imparte.

**Grupos:** Entidad que se encarga de encapsular conjuntos de estudiantes. Mantiene una relación directa con turno de clase, así como con carrera.

**Semestre:** Define los diferentes semestres que hay en el sistema. La entidad se llama “semestre” por convención, pero es configurable la cantidad de semanas de duración, mediante una fecha de inicio y una fecha de culminación. En cada semestre se pueden estar gestionando un horario diferente. La idea es que cada usuario del sistema tenga acceso al horario del semestre actual, y que el horario del próximo semestre se pueda ir generando simulatáneamente. Cada semestre está compuesto por varias semanas.

**Semana:** Esta entidad define y se asocia con una semana del año. Cada semana está contenida dentro de un semestre. Las semanas son generadas automáticamente a partir de la definición del semestre.

**Tipo de actividad:** Cada uno de los turnos de clase tiene un tipo que resulta importante sobre todo para determinar que tipo de aula se necesita. Los tipos más comunes son las conferencias y las clases prácticas. Aunque en algunas ocasiones se puede definir además actividades de tipo laboratorio. Es posible generar tipos de actividades nuevas, en caso de que se considere necesario.

**Local:** Elemento importante que posibilita conocer el lugar donde se impartirá el turno de clase. Es, junto a asignatura y profesor, uno de los elementos principales de un turno de clase. Por lo general a todos los turnos de clases se les asignará un local. En nuestras universidades existen diferentes tipos de locales: salones de conferencia, aulas, laboratorios, anfiteatros, etc. En este sistema los locales se modelaron pertenecientes a una facultad. Cada uno de los locales se define a partir de un “tipo de local” y esta información es utilizada en algunos de los algoritmos que se encargan del manejo de las restricciones.

**Profesores:** Es una de las entidades de mayor importancia dentro del sistema. Ofrece una vía para asegurar el manejo de todo lo referente a los profesores del centro. Son considerados usuarios especiales o de más relevancia, pues pueden interactuar directamente con el sistema de horarios, imponiendo restricciones o condiciones sobre el mismo. Todos los profesores están agrupados por depar-



tamentos. Además cada profesor, puede establecerse como responsable de una asignatura y es posible definir prioridades sobre estos.

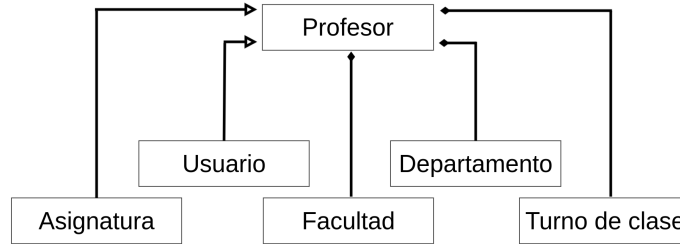


Figura 2.3: Relación entre entidades

**Turno de clase:** Es la entidad fundamental del sistema. Maneja todo lo relacionado con las lecciones que se impartirán en cada uno de los días del semestre, por su importancia se dedicará la sección 2.3 al tratamiento de esta en específico.

**Restricciones:** Entidad que se encarga de manejar las restricciones o condiciones que los profesores y administradores del sistema pudieran imponer sobre el horario. Las restricciones se describen por medio de varios modelos, uno por cada tipo de restricción manejada. Más adelante se dedicará una sección a la descripción detallada de cada uno de los tipos de restricciones manejadas.

**Usuarios:** Se encarga de gestionar todo lo referente a los usuarios dentro de la aplicación. Está permitido que cualquier usuario realice registro dentro de la misma, pero solamente el administrador del sistema puede determinar cuáles usuarios son profesores y por tanto, que posean un permiso específico de creación de restricciones. Para un usuario registrado sin permisos, solo es posible la visualización del sistema, cerrando toda forma de modificación o creación de nuevas entidades dentro del mismo. Un usuario puede estar relacionado, a lo sumo, con un profesor.

**Reportes:** Módulo que posibilita la obtención de un documento en formato *Excel* que puede ser útil para la posterior distribución del horario, o para la revisión del mismo de manera offline. El documento presenta una serie de páginas: una por cada grupo descrito en el horario y una extra que maneja una representación por locales, es decir, la disponibilidad de los mismos durante todo el semestre. En cada página se encuentra descrito el horario por semanas físicas y además se ofrece una leyenda con la descripción de los turnos de clase así como la hora de comienzo y finalización de los mismos.

Cada entidad posee un conjunto de atributos base; por medio de la herencia se logra plasmar esto a la hora de realizar la implementación.

Todas las entidades del sistema heredan de `DomainEntity`, que no es más que una *clase abstracta* con un constructor privado y una definición específica de un método *equals*. Esta clase está descrita además por una serie de propiedades base:

- *Nombre completo*: Propiedad de tipo texto que almacena el nombre en formato largo del objeto que se esté referenciando en ese momento.
- *Nombre reducido*: Propiedad de tipo texto que almacena el nombre en formato corto del objeto que se esté referenciando en ese momento.
- *Descripción*: Propiedad de tipo texto que contiene detalles, acerca del objeto que se esté referenciando en ese momento. Esta propiedad puede tomar valores nulos.
- *Prioridad*: Propiedad de tipo numérico que almacena la prioridad que pudiera tener un objeto (o entidad) sobre otro, en el sistema. Es utilizada principalmente en el cálculo de la *felicidad del sistema*.

## 2.2. Modelo entidad-relación (MERX)

El siguiente modelo propone describir las relaciones existentes entre todas las entidades presentes en la base de datos. Para confeccionar el mismo se siguen las convenciones de estilo (1.4), abordadas en el capítulo anterior.

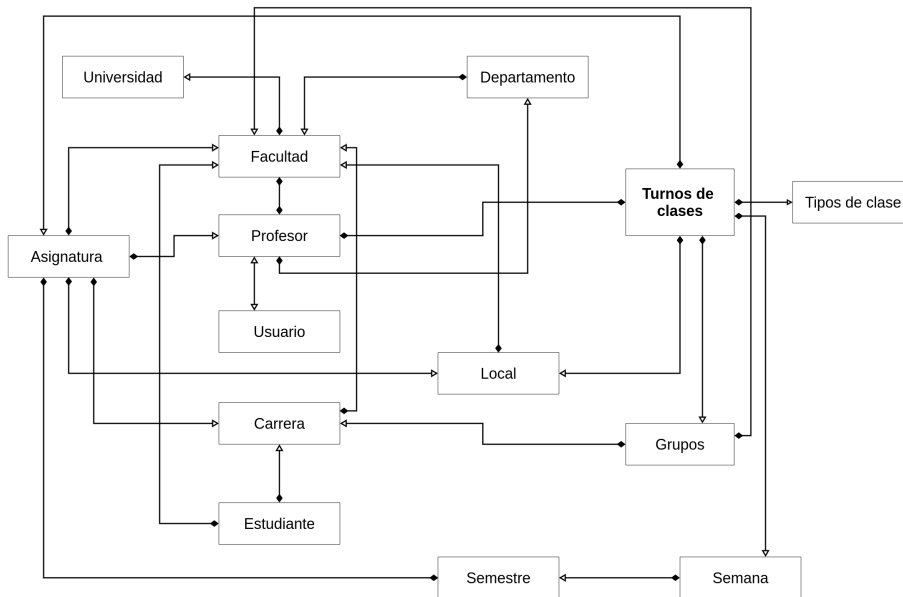


Figura 2.4: Modelo entidad-relación

## 2.3. Turno de Clase

El *turno de clases* es la entidad fundamental que compone todo sistema de horarios. Como aspecto común a la mayoría de los turnos de clase (de las universidades cubanas) se tiene que estos cuentan una duración de 90 minutos y que se pueden clasificar en dos tipos básicos: conferencias y clases prácticas.

En la Universidad de La Habana se estila a separar el día en dos secciones: mañana y tarde, y que cada sección esté compuesta por tres turnos de clase. Es válido notar que esto se realiza por una especie de convenio ya preestablecido, pero el sistema cuenta con las herramientas para variar este funcionamiento haciendo posible, por tanto, la modificación de los mismos.

Un turno de clases está compuesto por los siguientes atributos:

- *Atributos base*: definidos en la sección 2.1
- *Inicio*: marca la hora de inicio del turno de clase.
- *Finalización*: marca la hora de finalización del turno.
- *Id de recurso*: referente al *id* del local; se utiliza mayormente en el manejo de la vista asociada a los recursos.
- *Semana*: referente a la semana en que se impartirá el turno de clase.
- *Profesores*: colección de elementos que representan los profesores encargados de impartir las clases; notar que al menos siempre se contará con un profesor responsable, que se toma de la asignatura referente al turno.
- *Local*: referente al local donde se impartirá el turno de clase.
- *Asignatura*: referente a la asignatura.
- *Tipos de clase*: referente al tipo de clase (conferencia, clase práctica, laboratorio).
- *Grupo*: referente al grupo.

Es común notar que en muchos sistemas de horarios, por no decir en todos, contamos con la misma frecuencia de turnos todas las semanas, o a lo sumo en intervalos de quince días. Para ganar en usabilidad y por tanto mejorar la experiencia de usuario se presenta un enfoque que permite crear turnos en una frecuencia específica; dicho en otras palabras y mostrado a través de un ejemplo: si tenemos, dado el caso, que el turno de Matemática Discreta de 2<sup>do</sup> de Computación se realiza los martes de todas las semanas, en la aplicación no es necesario recorrer todos los martes del semestre e ir definiéndolos uno por uno. Para ello se ofrece una especie de configuración y el sistema se encarga de la posterior creación de cada uno. Este enfoque se maneja a través del concepto de *turnos en serie*.

**Definición 2.3.1** *Turnos en serie: habilidad que hace posible la replicación de un turno a través de todo el semestre, para ello hay que contar con la previa definición de la frecuencia del mismo y los días, dentro de la semana, en que se impartirá. El turno replicado tendrá las mismas características que el original, exceptuando las fechas involucradas.*

El manejo de turnos en serie nos crea una relación entre los mismos, o sea, los turnos de una misma serie están relacionados entre ellos, esto hace posible que la edición y eliminación de cualquier turno de la serie influya también en el resto de estos turnos. Estas operaciones son además flexibles, dado el hecho de que también es posible modificar individualmente los turnos de cualquier serie sin afectar al resto. Una vez que un turno perteneciente a una serie se modifica individualmente, este turno ya no pertenecerá más a la serie inicial y por tanto cualquier modificación que se le aplique al mismo no repercutirá en nadie más.

El sistema cuenta con una serie de filtros dedicados a obtener secciones del mismo. Los turnos de clase están adaptados, por tanto, a estos requerimientos. Se hace posible agregar filtros por tiempo (día-hora de inicio y finalización), así como por asignaturas, grupos, locales, tipos de clase y facultades.

## 2.4. Manejo de restricciones

El uso de restricciones es una de las partes más llamativas de este sistema, la idea detrás del manejo e implementación de las mismas surge a través del trabajo de diploma desarrollado por el estudiante *Joel Rey Travieso Sosa* [8] perteneciente a la Facultad de Matemática y Computación de La Universidad de La Habana.

El análisis y la gestión de las restricciones trajo consigo la clasificación en diferentes grupos:

- *Asignación de recursos*: Cuando un recurso debe ser asignado a otro recurso de distinto tipo o a cierto evento.
- *Asignación de tiempo*: Cuando un evento o recurso debe asignarse a una fecha.
- *Restricciones de tiempo entre eventos*: Cuando un evento mantiene una relación de tiempo con otro.
- *Solapamiento de eventos*: Cuando un grupo de eventos comparte un mismo intervalo de tiempo.
- *Coherencia entre eventos*: Intentar producir horarios más organizados y convenientes.
- *Capacidad*: Algunos de los recursos tienen capacidades de uso que no pueden ser vulneradas.

- *Continuidad*: Cuando se intenta producir horarios con determinadas características constantes o muy predecibles.

Además se detectaron cinco grupos fundamentales para clasificar las condiciones o requerimientos del problema:

- *Restricciones unarias*: aquellas que involucran un sólo evento, como por ejemplo, las clases de un curso no pueden ser programadas un día lunes.
- *Restricciones binarias*: aquellas que involucran dos eventos. Un ejemplo típico son las restricciones de toques de horarios para un curso que requiere un mismo recurso: profesor, sala de clases, etc
- *Restricciones de capacidad*: las que se imponen al asignar cursos a salas de clase con capacidad suficiente.
- *Restricciones de separación de eventos*: aquellas que requieren que las actividades estén separadas o siguiendo algún patrón en el tiempo. Algunos ejemplos son las impuestas por políticas de la institución de respetar asignaciones de horarios en patrones predefinidos o las condiciones de no existencia de horas intermedias vacías.
- *Restricciones asociadas a los agentes*: las limitaciones en los horarios asignados para cumplir con las preferencias de los profesores.

En la implementación que se ofrece se manejan 4 tipos de restricciones fundamentales, que cubren la descripción antes mencionada.

- Restricción de requerimiento de cuenta simple.
- Restricción de requerimiento de cuenta de condiciones.
- Restricción de requerimiento de distribución de atributos.
- Restricción de requerimiento relacional.

Cada profesor propone un conjunto de condiciones que se aplica a los turnos de clase, además de cada profesor se conoce la prioridad, así como la prioridad particular que le otorga a cada restricción. Con el objetivo de expresar un concepto un poco más formal:

**Definición 2.4.1 (Restricción)** *Forma por medio de la cuál los usuarios (principalmente los profesores) expresan sus consideraciones acerca de los elementos que determinan la calidad de cualquier horario propuesto; ya sea en sentido general o personal.*

Cada restricción cuenta con un grupo de elementos comunes (figura 2.5):

**Condiciones.** Permite identificar a qué turnos se exigirán determinados requerimientos. Define el filtro inicial que se impone sobre el conjunto de turnos, para obtener así un subconjunto de los mismos, los cuáles deberán cumplir estrictamente los requisitos planteados.

Una condición está compuesta por un atributo **A**, y en función de este, un operador **O** y un valor **V**. Un atributo relativo a un turno puede ser en realidad, un atributo relativo a una entidad asociada al turno de clase.

Ejemplo	Atributo	Operador	Valor
Aula con más de 30 alumnos	Capacidad del Local	>	30
Ser un martes	Día del Turno	==	martes

Tabla 2.1: Ejemplos de representación de condiciones

Es posible también garantizar el manejo de grupos de condiciones para asegurar que se puedan formular la totalidad de las operaciones deseadas.

**Definición 2.4.2 (Grupo de condiciones)** *Forma amigable de representar un bloque de condiciones lógicas encerradas entre paréntesis; y asegurar, por tanto, la manera correcta de evaluación del mismo. El conjunto de condiciones de una restricción puede verse como un grupo de condiciones.*

Ejemplos de grupos de condiciones:

- "Ser lunes". Una condición que involucra un solo operador lógico también es considerado un grupo de condiciones.
- (Turnos de Matemática Discreta) (del martes).
- (Turnos de Matemática Discreta o de Matemática Numérica) (del martes).

**Intervalo.** Ofrece una forma de obtener una separación del conjunto de turnos en subconjuntos, cada uno conteniendo los turnos correspondientes a un período de tiempo diferente, en cada caso de tamaño *intervalo*, salvo quizás, el último, en caso de que el curso no pueda ser dividido exactamente en un número entero de intervalos de tamaño *intervalo*. El objetivo detrás de esta separación del conjunto de turnos en intervalos, es segregar aún más la evaluación; pues, por ejemplo, supongamos que estamos analizando una restricción sobre  $X$  y que:  $\exists y \in X$  tal que para  $y$  la restricción se incumple, entonces resultaría un poco antiintuitivo decir que la restricción se incumple, solo porque fallara en un turno, por ello si consideramos que *intervalo* = 7 (análisis semanal), entonces el turno entraría solo en una semana de las analizadas y por tanto la restricción no se incumpliría en su totalidad, lo que influiría positivamente en la felicidad del sistema.

**Prioridad.** Establece la prioridad de la restricción. El usuario creador de la restricción (profesor o administrador del sistema) deberá establecer la prioridad o cuán importante es la restricción que se está definiendo. Por defecto, si el valor no se proporciona, se fija en 1. Este valor se utilizará posteriormente para el cálculo de la *felicidad* del sistema. La utilidad del mismo radica en gestionar de alguna manera una especie de jerarquía y posibilitar, por tanto, un orden para lograr ser lo más semejante posible a la vida real.

**Descripción.** Este campo se presenta de manera obligatoria a la hora de la creación de nuevas restricciones. Es una forma de representar con palabras lo que se pretende crear y hacer posible por tanto la rápida comprensión e interpretación de la misma.

**Profesor.** Se emplea para referenciar al profesor al que está destinada la restricción. En cada vez que la restricción sea creada por el profesor en sí, y no por el administrador del sistema, el valor del campo se fijará automáticamente.

El conjunto de campos definidos por cada tipo de restricción varía en dependencia del tipo.

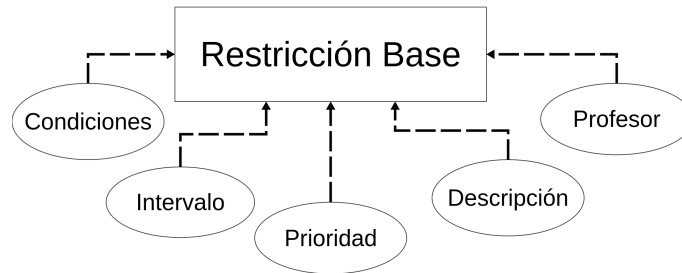


Figura 2.5: Restricción base.

### 2.4.1. Tipos de restricciones

Es posible manejar o declarar diversos tipos de restricciones, dichos tipos ya fueron enunciados en las secciones previas (2.4) de este documento.

**Restricción de requerimiento de cuenta simple.** Esta restricción se refiere al número de turnos que han satisfecho las condiciones fijadas inicialmente. El usuario debe configurar el operador de comparación  $O$  a aplicar y el valor  $V$  con el cual comparar. La restricción se cumple si la cantidad de turnos que satisfacen las condiciones mantiene una relación  $O$  con  $V$ . El valor de  $V$  puede

ser numérico, porcentual o bien fraccionario con respecto al total de turnos que pasan la etapa de las condiciones.

Referente a este tipo de restricción se puede tomar como ejemplo: todos los turnos de Matemática Numérica de 3<sup>ro</sup> CC deben realizarse los lunes.

**Restricción de requerimiento de cuenta de condiciones.** Este requerimiento se refiere a qué parte del conjunto de turnos que ha satisfecho las condiciones previas, cumple también un bloque de condiciones adicionales, y cuenta además con el operador de comparación  $O$  a aplicar y el valor  $V$  con el cual comparar. El requerimiento se cumple si la cantidad de turnos que satisfacen las condiciones iniciales y satisfacen simultáneamente otras que se han configurado, mantiene una relación  $O$  con  $V$ .

Como ejemplo de este tipo de restricción se puede considerar: todos los turnos de Matemática Discreta de CC tienen que ser lunes o viernes.

**Restricción de requerimiento de distribución de atributos.** Este requerimiento se refiere a la cantidad de valores distintos que puede tomar determinado atributo en el conjunto de turnos que pasa la etapa de condiciones. El usuario configura, además del atributo  $A$ , el operador de comparación  $O$  y el valor  $V$ . El requerimiento se cumple si la cantidad de valores que toma el atributo  $A$  en el conjunto de turnos que cumple las condiciones previas mantiene una relación  $O$  con  $V$ . En este caso el valor de  $V$  debe ser numérico.

Un ejemplo mediante el cuál se evidencia esta restricción pudiera ser: el profesor  $X$  imparte las asignaturas de Sistema Operativo y Redes en CC, pero no se puede dar la situación de que tenga que dar las dos asignaturas en la misma semana; dicho en otras palabras, si en la semana  $A$  se le ponen turnos de Sistema Operativo, entonces no se le deben asignar turnos de Redes.

**Restricción de requerimiento relacional.** Este requerimiento se refiere a la relación que mantiene el conjunto de turnos que cumplen las condiciones previas con otro que cumple otro grupo de condiciones. En este caso se requiere que el usuario añada un segundo grupo de condiciones que filtrarán el segundo conjunto de turnos, un atributo  $A$  y un operador booleano de conjuntos  $O$  que define la relación entre los valores de  $A$  en el primer conjunto y el segundo. El requerimiento se cumple si el conjunto de valores que toma  $A$  en el primer conjunto de turnos mantiene una relación  $O$  con el conjunto de valores que toma  $A$  en el segundo conjunto.

Un ejemplo que describe la restricción puede ser: el profesor  $X$  imparte clases de las asignaturas de Sistema Operativo y Redes para la carrera de CC, entonces se quiere que de ser posible, las asignaturas se puedan impartir el mismo día; es decir, cada vez que tenga un turno de Sistema Operativo se quiere que también imparta su turno de Redes.



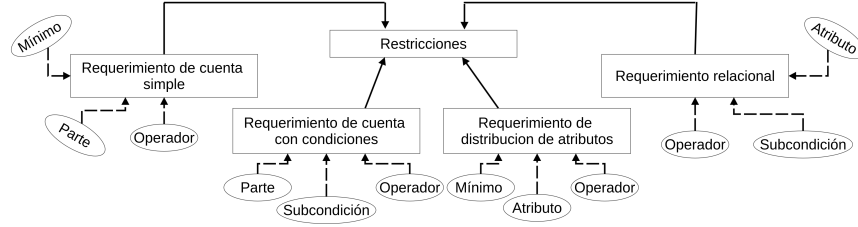


Figura 2.6: Restricciones con sus atributos.

## 2.5. Felicidad del sistema

La felicidad del sistema, es una cuestión a la que se ha venido haciendo alusión desde los capítulos anteriores. Este valor se obtiene a través de la felicidad relativa a cada uno de los profesores y su posterior procesamiento teniendo en cuenta una fórmula previamente definida.

**Definición 2.5.1 (Felicidad del sistema)** *Valor definido entre 0 y 100 que no es más que un medidor de la calidad del horario.*

La estrategia utilizada para arribar a las fórmulas de cálculo de felicidad en profesores y en el sistema completo, es básicamente la misma; y se basa en el peso de las prioridades (2.4) establecidas con anterioridad en cada unas de las entidades.

### 2.5.1. Fórmula de la felicidad relativa a un profesor

Para calcular la felicidad relativa a un profesor con respecto al cumplimiento de sus restricciones, se empleará la siguiente fórmula.

$$f_p = \frac{w_{1p}c_{1p} + \dots + w_{np}c_{np}}{w_{1p} + \dots + w_{np}} \quad (2.1)$$

Donde se tiene que:

- $w_{ip} \in \mathbb{N}_+$ : Prioridad del requerimiento i-ésimo del profesor p-ésimo
- $c_{ip} \in \{0, 1\}$ : Cumplimiento del requerimiento i-ésimo del profesor p-ésimo
- $n \in \mathbb{N}_+$ : Cantidad de requerimientos
- $f_p \in [0, 1]$ : Felicidad del profesor p-ésimo

### 2.5.2. Felicidad relativa al sistema

Para calcular la felicidad total del sistema se emplea el cómputo de las felicidades respectivas de los profesores:

$$F_T = \frac{f_1 p_1 + \cdots + f_m p_m}{p_1 + \cdots + p_m} \quad (2.2)$$

Donde se tiene que:

- $f_m \in [0, 1]$ : Felicidad del profesor m-ésimo.
- $p_m$ : Prioridad del profesor m-ésimo.
- $m \in \mathbb{N}$ : Cantidad de profesores.

## Capítulo 3

# Detalles de implementación

Con el objetivo de garantizar que el lector esté más acorde con la tecnología usada para la implementación, las razones de esa elección, la forma de desplegar el sistema y demás aspectos relacionados con la parte tecnológica se expone este capítulo.

A día de hoy se cuenta con muchas herramientas para desarrollar un software de este tipo. En esta ocasión se escogió una tecnología que ha alcanzado bastante auge en los últimos años. En las secciones siguientes se hará alusión a la misma así como al lenguaje empleado para el desarrollo.

### 3.1. Tecnologías

Para este proyecto se utilizó el lenguaje TypeScript, auxiliándonos de NestJS (framework de NodeJS).

[9] TypeScript(TS) es un lenguaje de programación libre y de código abierto desarrollado y mantenido por Microsoft. Es un superconjunto de JavaScript(JS), que esencialmente añade tipos estáticos y objetos basados en clases. Anders Hejlsberg, diseñador de C# y creador de Delphi y Turbo Pascal, se considera el desarrollador del lenguaje. TS es usado para desarrollar aplicaciones JS que se ejecutarán tanto en el lado del cliente como del servidor. El lenguaje extiende la sintaxis de JS, por tanto cualquier código JS existente debería funcionar sin problemas. Está pensado para grandes proyectos, los cuáles a través de un compilador de TS se traducen a código JS original. TS soporta ficheros de definición que contengan información sobre los tipos de librerías JS existentes; esto permite a otros programas usar los valores definidos en los ficheros como si fueran entidades TS de tipado estático. El compilador de TS está escrito asimismo en TS.

El lenguaje fue publicado en octubre de 2012 , después de dos años de desarrollo por parte de la compañía y desde esa fecha ha tenido en general, buena aceptación por parte de todos, lo que le mereció el mérito en 2020 como segundo lenguaje de programación más amado según la encuesta de Stack Overflow[10]

2020 Develop Survey.

[11] NestJS es un framework para construir eficientes y escalables aplicaciones del lado del servidor utilizando NodeJS. Posee soporte tanto para JS como para TS y combina elementos de Programación Orientada a Objetos (OOP, por sus siglas en inglés), Programación Funcional y Programación Funcional Reactiva. Nest posee un robusto framework HTTP basado en *Express* (definido por defecto) y opcionalmente se puede configurar además el uso *Fastify* como alternativa a *Express*.

Ofrece un nivel de abstracción superior al que normalmente encontramos en los demás frameworks de Node(Express/Fastify), pero también expone sus APIs directamente al desarrollador. Esto le ofrece a los programadores la libertad de emplear la mayoría de las aplicaciones de 3<sup>ros</sup> desarrolladas para esos otros ambientes.

En los últimos años gracias a Node, ha supuesto un cambio sustancial en el desarrollo de aplicaciones del lado del servidor, pero, por otra parte y a pesar de las bondades que ofrece, aún no presenta una solución efectiva al problema de arquitectura.

Nest se presenta como solución a esto, ya que posee una estructura que induce desde el principio a la utilización de patrones arquitectónicos. La arquitectura de Nest es inspirada en Angular.

Fue desarrollado por Kamil Mysliwiec, desarrollador de Google; el lanzamiento de su versión 9 se realizó el 8 de Julio de 2022.

## 3.2. Arquitectura

El sistema presentado encierra una gran lógica de negocio y encontrar una forma aceptada de representar el mismo puede resultar, en muchos casos, de gran dificultad.

Para asegurar el correcto diseño de la aplicación, su posible extensión y adición de nuevas features (características), se hizo necesario utilizar una arquitectura, quizá un poco compleja, pero que permitiera enfocar todos los casos de uso que puedan surgir.

El diseño guiado por dominio (DDD por sus siglas en inglés) es un enfoque para el desarrollo de software con necesidades complejas, mediante una profunda conexión de la implementación con los conceptos del modelo y núcleo del negocio.[12]

Para el software que nos envuelve se emplea una arquitectura por capas (Layered Architecture), centrada en DDD. Este enfoque es, sin lugar a dudas, una de los más empleados hoy en día. Impone una jerarquía y un acceso restringido a cada una de las estructuras del código; dígame: dominio, aplicación, infraestructura y presentación; las cuáles se encargan de la separación de las responsabilidades, y por tanto de la gestión de elementos específicos.

- Dominio: Gestiona todo lo referente a la lógica que involucra las entidades descritas en las secciones previas (2.1). Es la capa fundamental dentro de DDD.

- **Aplicación:** Se encarga de manejar todos los casos de uso que relacionados con cada entidad. A modo de ejemplo, todo sistema cuenta con cuatro casos de uso básicos: crear, leer, eliminar y editar.
- **Infraestructura:** Maneja todo lo relacionado con el acceso a datos. Contiene los repositorios y por tanto define una especie de envoltura (wrapper) que evita que se acceda directamente a la base de datos.
- **Presentación:** Se encarga de exponer todos los puntos de acceso a la API (Application Program Interface) y de gestionar los consumidores (consumers), que tienen la responsabilidad de la gestión de eventos internos y externos al sistema.

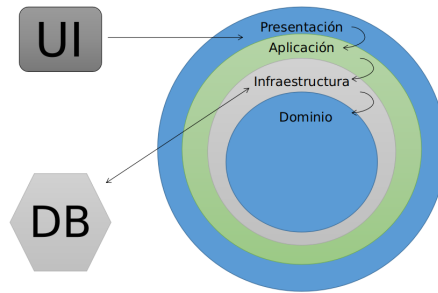


Figura 3.1: Domain Driven Design

Los principios *SOLID* [13] abordados por Robert C. Martin (autor de diversos libros como Clean Code y Clean Architecture) se interaron seguir a través de toda la implementación.

### 3.3. Aplicación visual

La idea detrás de la aplicación visual surge inspirada en un sistema desarrollado hace un par de años dentro de la facultad por un grupo de estudiantes y que se presentó como proyecto a la jornada científica de ese curso. [14]

Se ofrece un sistema desarrollado en VueJS y que pretende seguir las buenas prácticas de desarrollo de frontend. Está escrito en JavaScript. El sistema posee un conjunto de vistas dedicadas a manejar todas las tareas administrativas referentes al software; dígame: creación de profesores, grupos, semestres, asignaturas y demás cuestiones referentes al centro educacional. Solamente para el usuario con los permisos adecuados están habilitadas tales características, es decir, el usuario administrador es el único que puede realizar modificaciones internas dentro del sistema.

En la página principal se definen 5 tipos de filtros que hacen posible una rápida interacción. Estos filtros se presentan útiles en un gran número de escenarios. Se muestra además, en la misma página, la opción de descargar el horario, la cual esta habilitada para cualquier tipo de usuarios. El número que se presenta en la parte superior izquierda es referente a la felicidad del sistema, aspecto que fue abordado en las secciones previas a este capítulo. (2.5)

En la visualización general del horario, cada grupo posee un color específico para que se haga más sencilla su lectura, el color es posible definirlo por el administrador del sistema a la hora de la creación del grupo, luego todos los turnos de clase que se asocien al mismo, se mostrarán de ese color.

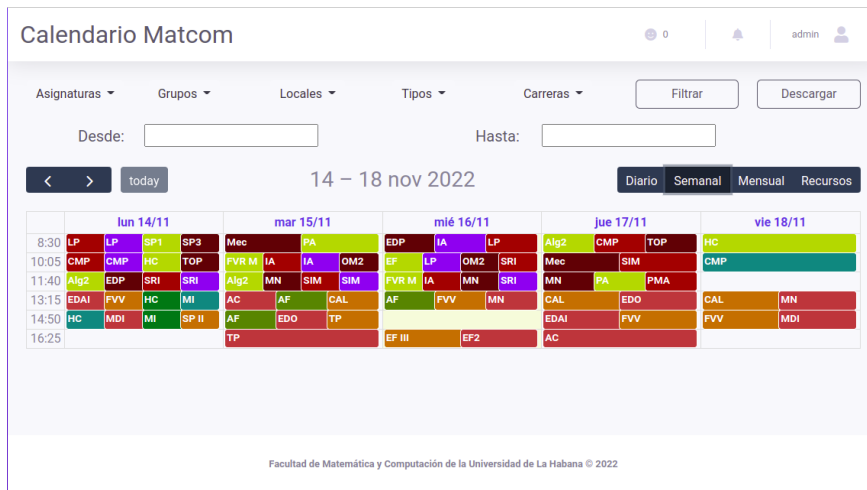


Figura 3.2: Vista por defecto del sistema.

En el manejo de la interfaz visual quizá resulte un poco llamativo para el administrador del sistema; que es el que tiene acceso a esas vistas; la creación, modificación y eliminación en serie que se muestra en cada *modal* referente a los turnos de clases. Este aspecto fue abordado con anterioridad, pero la acción que realiza es modificar todos los turnos que posean las mismas características del turno actual, es decir, que repitan el ciclo del horario para él.

Para cada turno visualizado es válido además modificarle la duración del mismo, esto se logra modificando el *size* de este dentro del horario. Realizar esta acción es justo como modificarle el *size* a cualquier otra ventana del sistema, lo que en esta ocasión es a la caja que describe el turno.

Haciendo clic encima del turno se obtiene además una descripción detallada del mismo, así como las opciones para la edición y eliminación múltiple.

La vista de distribución por locales llama la atención y se presenta de gran importancia a la hora de considerar la usabilidad de la aplicación.



es entre otras cosas, el token al que se hace referencia en el párrafo anterior. Supongamos después que se hace otra petición cliente-servidor y que el token se adjunta de forma apropiada en las cabeceras de la misma, cuando la petición arriba al punto adecuado, el servidor se encarga de ejecutar un *middleware* (función intermedia) que procesa el token y verifica que sea el correcto, si todo este proceso se ejecuta sin mayores contratiempos, entonces en el request de la petición a través del campo user (request.user) se puede acceder al usuario que está intentado realizar la acción. En otro caso se responde con un estado 401 lo que indica que el usuario no está autorizado al acceder al recurso que intenta solicitar.

Todo este proceso antes descrito se realiza por medio de un paquete de terceros *@nestjs/jwt* y además con la intervención de *passport-jwt*

### 3.5. Permisos y Usuarios

En este sistema en particular los usuarios se clasifican en 2 grupos:

- Los que solo pueden consultar el horario .
- Los que puede realizar acciones sobre algunas de sus entidades.

El primer grupo hace referencia a los usuario que solamente consultarán el sistema con el objetivo de estar al tanto de la información que se muestra en el mismo. Estos usuarios son considerados anónimos y por tanto solo podrán consumir los puntos de acceso que estén libres de permisos. Para ellos además se brindará la posibilidad de descargar el horario en formato Excel así como de estar al tanto de la felicidad del sistema.

El segundo grupo de usuario se separa, por otra parte, en dos conjuntos:

- Profesores
- Usuarios administradores

A los profesores - previamente definidos por el administrador - se les dará la posibilidad de imponer sus propias restricciones (2.4) sobre la distribución realizada e influir por en la felicidad final del sistema. Todas las demás utilidades están bloqueados para ellos.

Por otra parte, los administradores, son los que poseen todos los permisos; es decir, ellos tienen la potestad de modificar cualquier aspecto dentro del sistema; tanto de los turnos de clase como de las demás características relacionadas con la institución.

Los permisos son manejados por medio de un entero de 64 bits. Esto hace posible la optimización de espacio en la base de datos, así como la fácil representación de los mismos. Cada bit activo del número indica que el usuario  $X$  puede realizar la acción correspondiente; luego para proceder al chequeo de estos, solo se hace necesario aplicar el operador binario  $\&$  (3.5) entre el entero que representa los permisos y el permiso en específico que se desea comprobar.



Si el resultado de esta operación es mayor a 0, entonces el usuario puede completar la acción, en caso contrario se procede en consecuencia y se responde negativamente al respecto.

```
53 = 110101
28 = 11100

110101
& 11100 // imagine padding a shorter number with leading zeros to get the same length
-----
010100 = 20
```

Figura 3.5: Operador & entre dos números [2]

Luego activar un permiso para un usuario determinado no es más que:

$$P |= (1 \ll p), \quad (3.1)$$

y para removerlo:

$$\begin{aligned} x &= \log_2(p \& - p) + 1 \\ P &= P \& \sim (1 \ll (x - 1)) \end{aligned} \quad (3.2)$$

Donde se tiene que:

- $P$ : valor entero que representa los permisos que posee el usuario.
- $p$ : permiso que se intenta adicionar o remover, según sea el caso.

Este enfoque ofrecido para los permisos, posee un inconveniente que no es muy difícil de notar: solamente se pueden representar 64 permisos en el sistema. En el software que se presenta, 64 permisos son más que suficientes para gestionar todas las necesidades del mismo.

### 3.6. Sistema de reportes

Contar con una fácil distribución del contenido de manera offline, es un aspecto de notable importancia en muchos sistemas. En el que se propone, esta opción también se encuentra habilitada.

Existe un módulo dedicado a cumplir esta tarea. La librería de NPM (Node Package Module) `excel4node`[15], es la encargada de gestionar e intervenir en todos los aspectos relacionados con la generación de un fichero en formato *Excel* para asegurar cumplido el objetivo. Son innumerables las bondades que ofrece la misma, así como la facilidad para el trabajo con este tipo de ficheros, por tales motivos no trajo mayores dificultades considerar la utilización de esta en el desarrollo del software.

### 3.7. Base de datos

La base de datos que se utiliza para gestionar todo lo relacionado con la aplicación es *PostgreSQL*; este es uno de los servidores de bases de datos más conocidos y utilizados a día de hoy. Está desarrollado bajo código abierto, razón por la que posee una gran comunidad que se encarga de trabajar en nuevas características constantemente.

Existen varias razones que hacen que PostgreSQL resulte llamativo y que, por tanto, llevaron a su elección para este proyecto.

- **Multiplataforma:** Se encuentra disponible en todas las versiones de los sistemas operativos Windows, Linux y Mac.
- **Alto volumen:** Ofrece un gran rendimiento cuando se hace necesario trabajar con grandes volúmenes de información. Gracias al método de *Control de Conurrencias Multiversión* se consigue un mejor performance cuando hay muchos movimientos dentro de la base de datos.
- **Facilidad de manejo.**
- **Seguridad de la información:** Hot-Standby es una de las cualidades más interesantes de Postgres. Hot-Standby permite que los usuarios puedan acceder a las tablas en modo lectura mientras que se realizan los procesos de backup o mantenimiento.
- **Tipos de datos:** Tiene soporte para tipos de datos avanzados tales como: arrays, hstore y tipos definidos por el usuario.

### 3.8. Docker

Docker es una plataforma de código abierto para el desarrollo, manejo y ejecución de aplicaciones. Ofrece la ventaja de separar las aplicaciones de la infraestructura, por tal razón el despliegue de los sistemas se puede realizar relativamente rápido. Con el uso de docker la infraestructura se maneja de la misma manera que se hace con las aplicaciones. Hablando de ventajas, las metodologías de docker para despliegue, integración y pruebas hacen que se reduzca significativamente el tiempo entre la escritura del código y el despliegue en producción del mismo. Además provee la habilidad de empaquetar y correr una aplicación en un ambiente aislado llamado *contenedor*. Debido a este aislamiento y a la seguridad que ofrece se permite ejecutar varias aplicaciones simultáneamente en un servidor. Los contenedores son ligeros y contienen todo lo necesario para correr la aplicación, de esta forma, no es necesario preocuparse por lo que el servidor necesite instalar para su funcionamiento. Se puede compartir un contenedor mientras se está desarrollando un proyecto y se garantiza que cualquiera que ejecute el mismo contenedor contendrá exactamente el mismo ambiente de trabajo que el desarrollador inicial.[16]

El sistema que se ofrece se encuentra desarrollado completamente sobre docker, tanto el frontend (que se despliega sobre nginx) como el backend (que se despliega sobre node). Esta integración hará que resulte de gran facilidad la instalación del software sobre cualquier red y que por tanto su pase a producción se realice sin mayores complicaciones.

Las imágenes manejadas dentro del sistema están descritas en el siguiente enumerado; todas están disponibles en *Docker Hub*:

- node:16-alpine
- postgis/postgis:13-3.1-alpine
- adminer:latest
- nginx

El uso de nginx será descrito en la siguiente sección.

### 3.8.1. NGINX

Nginx server es un servidor web gratuito y de código abierto. Se ejecuta en sistemas operativos Linux/Unix de 64 bits y es ampliamente utilizado para sitios web de alto rendimiento debido a su arquitectura liviana en comparación con otros servidores de la misma clase.

La herramienta fue incluida en este proyecto por medio de una imagen de Docker; e hizo posible que el frontend se desplegara a través de un servidor que se encargara de gestionar todos los temas de performance y manejo de peticiones.

Nginx fue lanzado oficialmente en octubre del 2004. El creador del software, Igor Sysoev, comenzó su proyecto en el 2002 como un intento de solucionar el problema C10k (reto de gestionar diez mil conexiones al mismo tiempo). Hoy en día, los servidores web tienen que manejar un número aún mas grande de conexiones. Por esa razón, Nginx ofrece una arquitectura asíncrona y controlada por eventos, característica que hace de él uno de los servidores más confiables para la velocidad y la escalabilidad. Muchos sitios web de alto tráfico usan el servicio, algunos de estos gigantes del internet son Google, Netflix, Adobe, Cloudflare, WordPress.com por solo mencionar algunos. [17]

## Capítulo 4

# Conclusiones

### 4.1. Breve resumen del trabajo

En una primera aproximación a la descripción de la implementación ofrecida, se intenta brinadar una especie de marco histórico acerca del tema que nos envuelve; haciendo alusión en varias ocasiones a las motivaciones que llevaron al desarrollo de un software propio, para gestionar el horario dentro de la Facultad de Matemática y Computación de la Universidad de La Habana. Dichos aspectos motivacionales están claramente relacionados con las ventajas que traería la puesta en práctica de una aplicación con tales fines.

Los objetivos que se persiguen se encuentran descritos además, en las primeras secciones del documento, ya que resulta de notable importancia tenerlos claros para lograr obtener un resultado que cuente con la mayor calidad posible y que logre cubrir todos las necesidades y carencias de la facultad en este aspecto de la gestión del horario.

El tema de la gestión de horarios para instituciones educativas ha sido abordado por diversos autores; previo a la confección del software se realizó el análisis de las aplicaciones de mayor relevancia. En el capítulo 2 se exponen las conclusiones a las que se arribó luego del análisis, lo que contribuyó además a mostrar la utilidad de una aplicación propia que reflejara verdaderamente los intereses de la facultad.

Uno de los temas más novedosas o de mayor relevancia fue el manejo de restricciones, así como la incorporación del concepto de felicidad del sistema a través del cumplimiento (o no) de estas. Una restricción, conceptualmente, se compone de un conjunto de condiciones y otro de requerimientos. Las restricciones no otorgan felicidad por sí solas a ninguna entidad del sistema, son solamente una plataforma para representar la relación entre condiciones y requerimientos. Una condición se compone por tres elementos: un atributo  $A$  en primer lugar; y en función de este, un operador  $O$  y un valor  $V$ . A partir de varias condiciones es posible definir además, grupos de condiciones.

Descripciones de todos los aspectos relacionados con los detalles de la im-

plementación ofrecida y el enfoque de solución son abordados también en el documento.

## 4.2. Cumplimiento de objetivos

Se considera que los objetivos expuestos en la primera sección del trabajo en cuestión fueron cumplidos. A fecha de la entrega de este documento se cuenta con una aplicación web, desarrollada en NestJS(backend) y VueJS(frontend) que satisface todas las necesidades y carencias de la Facultad de Matemática y Computación con respecto al uso del horario.

La aplicación se muestra lo suficientemente robusta como para albergar el manejo de todos los profesores, locales, grupos, asignaturas y demás aspectos relacionados con el funcionamiento interno de un centro educacional. Es capaz de identificar problemas de colisiones entre turnos, profesores y locales; pudiendo reaccionar en consecuencia y ofreciendo una respuesta visual al usuario. Así mismo cuenta con una serie de vistas que hacen posible la fácil interacción y que la experiencia de usuario, por tanto, se mejore considerablemente. Se integraron también una serie de filtros para garantizar que se pudiera visualizar en cualquier momento secciones específicas del horario; lo que proporciona, como es fácil notar, muchas bondades en el trabajo con el sistema, tanto para la persona encargada de crear el horario, como para el cliente que solo se propone consultar el mismo.

La generación de reportes en formato Excel, también se cubrió de manera satisfactoria. Es posible obtener en todo momento un archivo que se compone de una serie de páginas: una por cada grupo y una extra para la visualización de los locales.

El manejo de las condiciones de los profesores sobre el sistema, también se considera cumplido. En todo momento, el administrador puede consultar cuáles son las restricciones que están afectando la felicidad, por su no cumplimiento y actuar en consecuencias, garantizando la mayor comodidad para todos los trabajadores del centro. Por otra parte, a los profesores se les dió la potestad de definir, por ellos mismos, las restricciones y evitar con esto la necesidad de que un administrador las tenga que incorporar personalmente.

El sistema, es capaz de manejar la incorporación de varias facultades a la vez e incluso está diseñado para garantizar que se puedan manipular varias universidades al mismo tiempo, aunque es válido notar, que en la mayoría de los casos solo se va a interactuar con una.

Para corroborar además el cumplimiento de estos aspectos, se realizó la creación de un horario real dentro del sistema; el horario del 2<sup>do</sup> semestre del curso 2021-2022 de la facultad de Matemática y Computación de La Universidad de La Habana, fue el elegido para esto.

### 4.3. Recomendaciones

Usando como base el trabajo realizado, la experiencia previa acumulada y las opiniones de un grupo de usuarios acerca del tema que se discute se hace posible presentar una serie de recomendaciones o ideas que quizá puedan ser evaluadas en futuras tareas.

Una mejora sustancial que se podría aplicar a la implementación ofrecida pudiera ser, sin dudas, **la utilización de GraphQL** [18] como forma de comunicación entre frontend y backend. La inserción de este lenguaje de consultas podría contribuir a que se ganara en performance, pues el frontend solo consumiría de la API los datos exactos que necesite en todo momento además de ofrecer la posibilidad de solicitar recursos anidados en la misma operación. Esto se refleja inmediatamente en una optimización de la red, reduciendo las cargas útiles de HTTP y el número de peticiones.

Una de las características que también resultaría de gran utilidad sería **la inclusión de tests** dentro de la aplicación. La realización de pruebas al software es considerado por muchos autores, como buenas prácticas a la hora del desarrollo y sin dudas las ventajas son alentadoras; por ejemplo: [19]

- La calidad de código mejora puesto que podemos detectar errores en una etapa más temprana de desarrollo y de forma más rápida.
- Puedes trabajar de una forma más ágil, ya que facilita los cambios y favorece la integración.
- Los propios test pueden funcionar como documentación y ejemplos.
- Reduce el costo de mantenimiento del proyecto.
- A través del desarrollo guiado por pruebas, TDD por sus siglas en inglés, se ofrece una mejora en el diseño del software.
- Es posible detectar errores, antes de la puesta en producción, de nuevos cambios o implementaciones; que en un gran número de casos afectan funcionalidades realizadas previamente.

Resulta notable también analizar la forma de **incluir una generación automática del sistema de horarios**, a partir de una previa definición de frecuencias por asignaturas y el manejo de restricciones, punto que se encuentra actualmente abordado dentro del sistema.

Esta temática de la generación automática, fue previamente desarrollada como tema de tesis dentro de la Facultad de Matemática y Computación de la Universidad de La Habana y ponerlo en práctica aseguraría que se eliminara por completo el tiempo empleado por la persona encargada de la creación del horario; haciendo que la tarea resultara en extremo sencilla y que solo hiciera falta, en el peor de los casos, la intervención humana para quizá brindar soporte a la distribución ofrecida.

**La puesta en producción de una aplicación móvil** para la visualización del horario gozaría de una aceptación considerable. Este tipo de aplicación haría

posible que se garantizara un acceso más fácil al sistema y que se mejorara aún más la experiencia de usuario. Las notificaciones push son un ejemplo de ello, ya que estas proporcionan la información que se necesita, en el momento que se requiera.

# Referencias

- [1] Securitum. Michał Sajdak. Jwt (json web token) (in)security. <https://research.securitum.com/jwt-json-web-token-security/>. VII, 23
- [2] Errichto Codeforces User. Bitwise operations for beginners. <https://codeforces.com/blog/entry/73490>. VII, 25
- [3] José Luis Peñarredonda. Why time management so often fails. *British Broadcasting Corporation (BBC)*, 2018. Available at <https://www.bbc.com/worklife/article/20180904-why-time-management-so-often-fails>. 1
- [4] Universities in North America and Europe. Unitime. <https://www.unitime.org/>. 4
- [5] Educaria. Unit. <https://www.educaria.com/horarios2>. 4
- [6] Educación 3.0. Alexia pro, gestión integral para centros de fp y academias. <https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/alexia-pro-gestiona-centros-fp-y-academias/>. 4
- [7] Peñalara Software S.L. Peñalara ghc. <https://www.penalara.com/es/CU>. 5
- [8] Joel Travieso Sosa. Modelo de restricciones para un sistema de generación automática de horarios. Technical report, Universidad de La Habana, 2012. 12
- [9] Wikipedia. Typescript. <https://es.wikipedia.org/wiki/TypeScript>. 19
- [10] Stack Overflow. Stack overflow. <https://stackoverflow.com/>. 19
- [11] Kamil Mysliwiec. Nestjs. <https://docs.nestjs.com/>. 20
- [12] Wikipedia. Domain-driven design from wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Domain-driven\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Domain-driven_design). 20
- [13] Ugonna Thelma. The s.o.l.i.d principles in pictures. Available at <https://medium.com/backticks-tildes/the-s-o-l-i-d-principles-in-pictures-b34ce2f1e898>. 21



- [14] Roberto Marti Cedeño Antonio Otaño Barrero Leynier Gutiérrez González, Carlos Bermudez Porto. Calendario matcom. <https://github.com/codestrange/calendario-matcom>. 21
- [15] excel4node – npm. <https://www.npmjs.com/package/excel4node>. 25
- [16] Docker. Docker overview. <https://docs.docker.com/get-started/overview/>. 26
- [17] Gustavo B. Hostinger tutorials. qué es nginx y cómo funciona. <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-nginx>. 27
- [18] GraphQL Foundation. Introduction to graphql. <https://graphql.org/learn/>. 30
- [19] Demian Arenas. Platzi. Testing: Ventajas y formas de realizar pruebas. <https://platzi.com/blog/testing-ventajas-formas-de-realizar-pruebas/>. 30