



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN**

**SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA
PREPARATORIA PARTICULAR**

TÉSIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y
COMPUTACIÓN**

PRESENTA:

SALVADOR ELVIRA GARCÍA

ASESOR: **FÍS. MAT. JORGE LUIS SUÁREZ MADARIAGA**

Mayo de 2015

Santa Cruz Acatlán, Estado de México



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Sin la intención de que esto suene a discurso de entrega de premios, quisiera agradecer a muchas personas:

A mi esposa Sased y mi hija Caty por darle otra dimensión de felicidad y sentido a mi vida, que me motivan para ser quien quiero ser.

A mi mamá Güicha y a mi papá Chavo por todos sus esfuerzos y sus sacrificios, su apoyo y su ejemplo para llegar a ser quien soy ahora.

A mi hermana Gaby por ser un ejemplo de que con determinación se puede ser quien uno quiera ser.

A mi sobrino Sebas, un recordatorio de que el tiempo no se detiene para nadie y que hay quienes pasan por lo que yo ya pasé.

A mis amigos que han estado a mi lado (aunque no estemos cerca físicamente), con quienes hemos crecido aprendiendo de los otros, que me enseñaron a que se puede ser diferente y la gente que te quiere lo hace sin importar lo diferente que seas, aunque no sean tu familia y aunque te distancias de ellos.

A quienes tuve la dicha de ser su alumno, de trabajar para o con ellos, que me han motivado a dar lo mejor de mi, a tener las herramientas para alcanzar mis objetivos.

A todos ellos le agradezco por acompañarme a este momento de mi vida que no me podría sentir más realizado.

También a todos los involucrados en este proyecto, desde darme la idea, brindarme información y ayudarme a volver un pedazo de carbón en un diamante.

Gracias.

INTRODUCCIÓN

La Real Academia de la Lengua Española define horario como “*el Tiempo durante el cual se desarrolla habitual o regularmente una acción o se realiza una actividad*”. Los horarios habitualmente se muestran mediante tablas cuyas columnas representan una división de tiempo y los renglones una división menor, y en las celdas del cruce se colocan las actividades las cuales no tienen restricciones alguna.

Dentro del ramo educativo uno de los mayores usos de los horarios es para planificar los tiempos habituales que se imparten las clases tomando en cuenta una serie de necesidades para cada materia, la disponibilidad de los profesores y otras consideraciones que se deben tener, por ejemplo, los espacios en los cuales se imparten las clases.

La labor de elaborar un horario no es sencillo y llega a consumir grandes cantidades de tiempo y esfuerzo muchas veces obteniendo resultados pocos satisfactorios, por lo que en este trabajo se propone la resolución de las problemáticas de la asignación de horarios en la sección preparatoria del Colegio Salesiano de Santa Julia, planteando el modelo de programación entera que optimice la creación de horarios así como la sistematización del proceso.

Se desarrollarán cuatro capítulos cuyo contenido se describe a continuación:

CAPÍTULO I. Se marcará el marco contextual, en el cual nace y se sitúa la problemática que da cabida a este trabajo.

CAPÍTULO 2. Se contextualizará y adaptará el modelo existente para generar horarios escolares con las necesidades de la institución educativa previamente mencionada, a fin de generar un proceso particular, que al ser programado, sea más ágil para determinar la asignación óptima.

CAPÍTULO 3. Su objetivo es presentar el proceso mediante el cual se desarrolla el sistema en que se implementa el modelo planteado en el CAPÍTULO 2.

CAPÍTULO 4. Se Presentan los resultados arrojados por el sistema, además de realizar una comparativa con las asignaciones preexistentes y concluir si el proceso del sistema optimiza la asignación y es confiable para su uso posterior.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA.....	5
ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN.....	5
ORGANIGRAMA INSTITUCIONAL.....	8
FUNCIONES DEL DEPARTAMENTO DE INTERÉS : LA COORDINACIÓN ACADÉMICA	10
ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	11
PARTICULARIZACIÓN DEL MODELO.....	18
PRESENTACIÓN DEL MODELO EXISTENTE.....	18
IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE DECISIÓN, SUS COSTOS Y SU RELACIÓN DE RESTRICCIONES.....	31
APLICACIÓN Y AJUSTE DEL MODELO INSTANCIADO.....	33
MÉTODO DE SOLUCIÓN.....	43
DESARROLLO DEL SISTEMA.....	45
CONCEPTOS BÁSICOS.....	45
ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.....	47
DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS.....	49
DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN.....	54
INTERFASE CON EL USUARIO.....	55
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS.....	60
PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	69
RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	81
FUENTES DIGITALES.....	82
ANEXO 1. CONVERSACIÓN SOBRE LA PROBLEMÁTICA CON EL DIRECTOR TÉCNICO DE LA SECCIÓN PREPARATORIA DE LA SECCIÓN PREPARATORIA DEL COLEGIO SALESIANO, ENCARGADO DE REALIZAR LOS HORARIOS.....	83
ANEXO 2. ENTREVISTA PARA DETERMINAR EL FLUJO DE LOS DATOS Y LOS	

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA.....84
ANEXO 3. HORARIO EXISTENTE REALIZADO POR LA FORMA VIGENTE.....86
ANEXO 4. DICCIONARIO DE DATOS DEL SISTEMA.....89

ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA

“Haz el bien mientras aún tengas tiempo”. (San Juan Bosco)

ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN

La Sociedad de San Francisco de Sales fundada el 18 de diciembre de 1859 en el oratorio de Valdocco, Turín (Italia) por San Juan Bosco para la atención educativa y formativa de los jóvenes que en sus sociedades se encontraban en situaciones de adversidad, en sus inicios se conformaba por 17 miembros (un sacerdote, 15 seminaristas y un estudiante). El primer salesiano laico ingresó el 22 de febrero de 1860; y el 23 de julio de 1864 la Iglesia Católica aceptó la Congregación y reconoció oficialmente sus Constituciones y Reglamentos el 3 de abril de 1874.

La primera casa fuera de Turín fue la de Mirabello, abierta en 1863: en el mismo año se abrió una casa salesiana en el primer país fuera de Italia en la ciudad de Niza, Francia. El primer país fuera de Europa donde los salesianos fueron recibidos fue Argentina en 1875. Para el 31 de enero de 1888, cuando don Bosco muere en Turín, la congregación contaba ya con 773 salesianos, 276 novicios, 57 casas y 6 provincias. Miguel Rúa fue el primer sucesor de don Bosco, y logró extender la congregación a los cinco continentes.

Actualmente los salesianos se encuentran en 128 países, entre estos México, extendidos en una vasta red de obras entre las cuales se encuentran colegios, centros juveniles, parroquias, centros de atención a niños de la calle, centros misioneros y cooperación con centros oficiales y no gubernamentales en apoyo a la juventud más vulnerable.

El primer grupo de cooperadores salesianos en la ciudad de México el 22 de junio de 1989, contaba con un pequeño colegio ubicado en la colonia Santa María, el cual sólo tenía capacidad para 40 internos. Pronto Eduardo Zozaya, un cooperador salesiano, les regaló un terreno de veinte mil metros en su Hacienda de la Ascensión, en lo que más tarde sería la colonia Santa Julia. Los primeros salesianos llegan a México el 2 de diciembre de 1892 y casi cien años más tarde, el 29 de enero de 1983 el arzobispo de México, Mons. Próspero María Alarcón, bendijo y colocó la primera piedra del nuevo edificio, Colegio de Artes y oficios, proyectado para dar asilo a 500 internos. En marzo ya estaban los cimientos, en mayo las paredes se levantaban a la altura de las ventanas, en julio ya se podían utilizar cuatro salones para talleres y clases, por lo que en agosto los 40 alumnos pasaron a Santa Julia; al fin del año ya había cien metros de construcción en una de las alas. Para 1896 se colocó la primera piedra del Colegio de las Hijas de María Auxiliadora en Santa Julia, y el 1º de diciembre de 1900 se inaugura el primer oratorio festivo en Santa Julia, contiguo al colegio.

En varias ocasiones suspendieron sus labores, de 1911 a 1917 debido a la revolución; posteriormente de 1926 a 1929, como consecuencia de la Guerra Cristera¹ que se dio en México; y para 1936 el colegio de Santa Julia fue confiscado hasta 1951.

En 1953 se reanudan en el colegio de Santa Julia las labores en favor de la niñez y la juventud. A partir de este momento la congregación salesiana comienza a crecer y proliferar a lo largo del país.

1 Conflicto armado de 1926 a 1929 entre el gobierno de Plutarco Elías Calles y milicias de laicos católicos, dirigidos por sacerdotes que se resistían a la aplicación de legislaciones y políticas públicas orientadas a restringir la autonomía de las religiones en general y la católica en particular. La original Constitución mexicana de 1917 prohibía al clero la participación en política, privaba a la iglesia del derecho de poseer bienes raíces, desconocía los derechos básicos de los llamados “ministros de culto” e impedía el culto público fuera de los templos; así como restringir la presencia de religiosos de otros países.

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

En 1972 se inaugura por los salesianos el IUCE (Instituto Universitario de Ciencias de la Educación) en el cual se impartían las carreras de Pedagogía, Psicología y Sociología. El instituto es trasladado del colegio Civilización (dirigida por religiosas hijas de María Auxiliadora) al colegio Renacimiento (dirigido por sacerdotes de Don Bosco). Y para 1977 con el fin de satisfacer la necesidad de un puente educativo entre la secundaria y la universidad, el 6 de septiembre se inauguró la preparatoria IUCE con tres grupos y un total de 125 alumnos, incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México desde entonces.

ORGANIGRAMA INSTITUCIONAL

La misión de la institución es: “Los Colegios Salesianos son ambientes educativos de alto nivel académico, que forman espiritualmente a niños, adolescentes y jóvenes a través del Sistema Preventivo de Juan Bosco. Son generadores de oportunidades para los más necesitados, promueven la convivencia y la unión familiar y tienen como meta formar buenos cristianos y honrados ciudadanos, con conciencia eclesial para transformar su entorno”. Y su visión: “Al 2013, los colegios salesianos buscan posicionarse como comunidades educativo-pastorales; profesionales de la educación, potenciando un proyecto de formación integral a través de una gestión administrativa eficiente, con crecimiento sólido y sustentable, dentro de un ambiente de calidad, amabilidad y alegría salesiana”².

La Institución, de manera directiva, se constituye de la siguiente manera:



Ilustración 1: Constitución directiva de la Institución

2 Tanto la misión como la visión del Colegio, fueron transcritas de la página oficial de la institución.

En cuestión académica, la institución se compone de cuatro secciones correspondientes a los niveles educativos:

- Primaria : Colegio Renacimiento
- Secundaria : Colegio Primero de Mayo
- Preparatoria : IUCE, Instituto Universitario de Ciencias de la Educación
- Universidad : UNISAL , Universidad Salesiana

En siguiente diagrama se ilustra la manera en la cual se compone el Consejo Directivo de la sección preparatoria:



Ilustración 2: Composición del Consejo Directivo de la sección preparatoria

FUNCIONES DEL DEPARTAMENTO DE INTERÉS : LA COORDINACIÓN ACADÉMICA

Dentro del consejo directivo se encuentra la Coordinación Académica, cuya acción educativa recae en los siguientes programas:

- **APRENDER A APRENDER**, que busca resignificar la tarea educativa de los Colegios Salesianos estableciendo la opción pedagógica como núcleo central. El Departamento Académico organizará a sus docentes de secundaria y preparatoria por academias, y de primaria por ciclos.
- **PARA SER MAESTRO SALESIANO**, en donde formar al profesor de nuestros colegios en la dimensión humana, profesional y salesiana para la vivencia y aplicación del modelo educativo salesiano.
- **MODELO T PARA LA EXCELENCIA ACADÉMICA**, mediante el cual el profesor verá el aprendizaje como un todo integrado y no fragmentado, mediante la interdisciplinariedad y el trabajo colaborativo.

La Coordinación Académica es la responsable de ver que se cumplan las finalidades técnico-pedagógicas que le son establecidas a la institución, tal como los planes de estudio y para esto diseña los horarios para cada ciclo escolar conforme se requiera para cumplir todos los requerimientos sin descuidar las necesidades del profesorado. Más adelante se describirá la manera en la que se diseñan los horarios.

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Entre los problemas que se encuentran comúnmente dentro de las instituciones educativas está el de elaborar horarios que cumplan con indicaciones particulares para cada materia, como lo es el número de horas a la semana que se debe impartir la materia; condiciones psicopedagógicas, tales como que una materia no se debe impartir más de cierto número de horas al día; la disponibilidad de los profesores; así como algunas políticas internas de la institución.

La problemática en particular de la institución que se desea abordar en este trabajo es el elaborar un horario que se adecuó a los estándares que le son establecidos por organismos externos y las necesidades particulares de la institución y de los profesores. Además que el esfuerzo y tiempo dedicado a esta labor se desea reducir con respecto al que se invierte actualmente que suele ser aproximadamente de 5 días, en los cuales, se dispone de un tablero con una cuadrícula marcada, en donde cada espacio representa una clase para un grupo, y de un conjunto de notas de papel que representan las materias que se van colocando en el tablero, de modo que una vez terminadas de colocar las notas se tiene un horario. Pero en muchas ocasiones durante este proceso se pierden de vista las restricciones o la disposición de los profesores y tienen que rehacer su trabajo, siendo la disposición negociable en alguna ocasiones. Las consideraciones y contexto de la institución son:

En la Preparatoria IUCE se imparten 17 materias a los alumnos de cuarto año, 20 a los de quinto; y en los sextos años (correspondientes a las áreas de especialización), varía dependiendo del área: para Área 1³ 17 materias, Área 2⁴ 19, y tanto para Área 3⁵ como para

3 Físico-Matemáticas e Ingenierías

4 Ciencias Biológicas y de la Salud

5 Ciencias Sociales

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

Área 4⁶ se imparten 16 materias a cada una.

El modo en el que se imparten es en ocho clases al día con una duración de 50 minutos, de lunes a viernes bajo, los siguientes horarios:

7:15-8:05	8:05-8:55	8:55-9:45	9:45-10:20	10:20-11:10	11:10-12:00	12:00-12:20	12:20-13:10	13:10-14:00	14:00-14:50
Clase 1	Clase 2	Clase 3	Descanso 1	Clase 4	Clase 5	Descanso 2	Clase 6	Clase 7	Clase 8

Tabla 1: Distribución de las clases en el tiempo

Algunas de las materias son impartidas en conjunto a varios grupos del mismo grado, ya sea con la finalidad de integrar a la comunidad o porque la institución ha notado cierto comportamiento en el número de alumnos de ciertos grupos, y aquellos con menor afluencia son integrados en algunas materias por cuestiones de dinámica de la clase.

En otros casos el grupo es dividido para poder impartir varias materias a la vez en dicho grupo; esto es debido a que estas materias son impartidas en espacios particularmente adaptados que no cuentan con la capacidad de albergar al grupo entero. Esto mismo implica que varias materias se dan en la misma clase.

En las siguientes tablas se muestran las clases y el agrupamiento particular que la institución requiere de las materias de tal modo que puedan ser impartidas en una clase; así como las horas por semana que deben cubrir cada una de estas clases:

6 Humanidades y Artes

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

<i>Clase</i>	<i>horas/sem</i>
<i>Actividad Artística y Estética</i>	2
<i>Desarrollo Humano</i>	1
<i>Dibujo III/ Informática</i>	4
<i>Educación Estética y Artística IV</i>	1
<i>Educación Física IV</i>	1
<i>Educación Física Práctica</i>	1
<i>Física III</i>	3
<i>Formación Religiosa</i>	1
<i>Geografía</i>	3
<i>Historia Universal III</i>	3
<i>Inglés IV</i>	3
<i>Laboratorio de Física /Orientación Educativa IV</i>	2
<i>Lengua Española</i>	5
<i>Lógica</i>	3
<i>Matemáticas IV</i>	5

Tabla 2: Clases y requisitos de horas para cuarto grado

<i>Clase</i>	<i>horas/sem</i>
<i>Actividad Artística y Estética</i>	2
<i>Biología IV</i>	3
<i>Desarrollo Humano</i>	1
<i>Educación Estética y Artística V</i>	1
<i>Educación Física V</i>	1
<i>Educación Física Práctica</i>	1
<i>Ética</i>	2
<i>Etimologías Grecolatinas</i>	2
<i>Formación Religiosa</i>	1
<i>Historia de México II</i>	3
<i>Inglés V</i>	3
<i>Investigación</i>	1
<i>Laboratorio Química/ Laboratorio Biología</i>	2
<i>Laboratorio Educación para la Salud/Orientación Educativa</i>	2
<i>Literatura Universal</i>	3
<i>Matemáticas V</i>	5
<i>Química III</i>	3
<i>Educación para la Salud</i>	3

Tabla 3: Clases y requisitos de horas para quinto grado

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

<i>Clase</i>	<i>horas/sem</i>
<i>Actividad Artística y Estética</i>	2
<i>Dibujo Constructivo II</i>	4
<i>Derecho</i>	2
<i>Desarrollo Humano</i>	1
<i>Educación Física</i>	2
<i>Física IV</i>	3
<i>Formación Religiosa</i>	1
<i>Inglés VI</i>	3
<i>Investigación</i>	1
<i>Laboratorio Psicología</i>	1
<i>Laboratorio Física / Laboratorio Química</i>	2
<i>Literatura Mexicana e Iberoamericana</i>	3
<i>Matemáticas VI</i>	5
<i>Psicología</i>	3
<i>Química IV</i>	3
<i>Temas Selectos de Matemáticas</i>	3

Tabla 4: Clases y requisitos de horas para Área 1

<i>Clase</i>	<i>horas/sem</i>
<i>Actividad Artística y Estética</i>	2
<i>Biología V</i>	3
<i>Derecho</i>	2
<i>Desarrollo Humano</i>	1
<i>Educación Física</i>	2
<i>Física IV</i>	3
<i>Formación Religiosa</i>	1
<i>Inglés VI</i>	3
<i>Investigación</i>	1
<i>Laboratorio Física</i>	1
<i>Laboratorio Morfología</i>	1
<i>Laboratorio Psicología</i>	1
<i>Laboratorio Química / Laboratorio Biología</i>	2
<i>Literatura Mexicana e Iberoamericana</i>	3
<i>Matemáticas VI</i>	5
<i>Temas Selectos de Morfofisiología</i>	3
<i>Psicología</i>	3
<i>Química IV</i>	3

Tabla 5: Clases y requisitos de horas para Área 2

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

<i>Clase</i>	<i>horas/sem</i>
<i>Actividad Artística y Estética</i>	2
<i>Contabilidad y Gestión Administrativa</i>	3
<i>Derecho</i>	2
<i>Desarrollo Humano</i>	1
<i>Educación Física</i>	2
<i>Estadística y Probabilidad</i>	3
<i>Formación Religiosa</i>	1
<i>Geografía Económica</i>	3
<i>Introducción al Estudio de las Ciencias Sociales y Económicas</i>	3
<i>Inglés VI</i>	3
<i>Investigación</i>	1
<i>Laboratorio Psicología</i>	1
<i>Literatura Mexicana e Iberoamericana</i>	3
<i>Matemáticas VI</i>	5
<i>Psicología</i>	3
<i>Problemas Sociales, Políticos y Económicos de México</i>	3

Tabla 6: Clases y requisitos de horas para Área 3

<i>Clase</i>	<i>horas/sem</i>
<i>Actividad Artística y Estética</i>	2
<i>Derecho</i>	2
<i>Desarrollo Humano</i>	1
<i>Educación Física</i>	2
<i>Formación Religiosa</i>	1
<i>Historia de la Cultura</i>	3
<i>Historia de las Doctrinas Filosóficas</i>	3
<i>Introducción al Estudio de las Ciencias Sociales y Económicas</i>	3
<i>Inglés VI</i>	3
<i>Investigación</i>	1
<i>Laboratorio Psicología</i>	1
<i>Latín</i>	3
<i>Literatura Mexicana e Iberoamericana</i>	3
<i>Matemáticas VI</i>	5
<i>Psicología</i>	3
<i>Revolución Mexicana</i>	3

Tabla 7: Clases y requisitos de horas para Área 4

Otra consideración especial de algunas clases, es que deben impartirse dos horas seguidas por dinámica de las mismas; tal es el caso de las Actividades Artísticas y Estéticas para todos los grados y de Dibujo Constructivo II en área 1.

Entre las materias que se imparten en más de un grupo a la vez se encuentran las Actividades Artísticas y Estéticas, y Educación Estética y Artística; las cuales se imparten a todos los grupos a la vez, es decir, una clase para todos los cuartos y otra para todos los quintos en el caso de Educación Estética y Artística; y una clase por cada grado para las Actividades Artísticas y Estéticas. La otra clase que se imparte de esta manera es Educación Física para Área 1 y Área 4; dado que por observación de la institución son grupos con una baja saturación que, por varias razones, resulta más conveniente reunir a ambos grupos para esta clase.

Otro aspecto a considerar de las Actividades Artísticas y Estéticas, y de Educación Estética y Artística es que estas clases ya tienen un horario establecido: los miércoles durante la segunda y tercera clase para los cuartos, la cuarta y la quinta para los quintos y la sexta y séptima para las áreas; en el caso de Educación Estética y Artística se imparte los viernes durante la primera clase a los cuartos y durante la segunda clase a quintos.

Al cambiar ciclo escolar, suele hacerlo también el número de grupos conforme a la demanda social que deba satisfacer la institución, variando generalmente entre 3 y 6 grupos en un año para los cuartos y quintos; y cada una de las Áreas suelen tener solamente un grupo, exceptuando Área 3 que llega a necesitar en ocasiones de 2 grupos. Además que el número de cuartos años tiende a ser mayor o igual al número de quintos.

Adicionalmente de considerar requerimientos propios de cada materia y observaciones de la institución, es necesario tener presente la disponibilidad de horario de los profesores, y

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

las materias que son capaces y están dispuestos a impartir. Los profesores son contratados expresamente para impartir determinada(s) materias(s), por lo que cada materia tiene ya asignado a un profesor; y cada profesor conoce su(s) materia(s). Cada materia la imparte sólo un profesor, pero a su vez cada profesor puede dar una o más materias. Hay que tener también en consideración que para las clases que involucran más de una materia, hay que considerar de manera conjunta la disponibilidad de los profesores asignados a dichas materias.

La institución suele mantener constante la relación profesor-materia, es decir que ciertas materias están agrupadas para ser impartidas por el mismo profesor.

PARTICULARIZACIÓN DEL MODELO

*"The positive heuristic of the programme saves the scientist
from becoming confused by the ocean of anomalies."
Imre Lakatos*

Lo que se desea lograr en la Coordinación Académica con el modelo es encontrar un horario óptimo que cumpla con todas las condiciones establecidas y se ajuste a la disponibilidad de los profesores; de igual manera se pretende agilizar y facilitar el proceso de creación de horarios reduciendo tiempo, esfuerzo e inconformidades. Para esto se recurre a la investigación de operaciones.

PRESENTACIÓN DEL MODELO EXISTENTE

Juan Prawda (2004) define la Investigación de Operaciones (IO) como *"Un método que permite encontrar las relaciones óptimas que mejor operen un sistema, dado un objetivo específico"*. Básicamente lo que se pretende con la IO es obtener el mejor resultado cumpliendo de la mejor manera con las restricciones de sus recursos, además de analizar cómo es que esto se logra.

El origen de la Investigación de Operaciones tiene lugar durante la Segunda Guerra Mundial cuando los militares británicos y estadounidenses formaron grupos de investigación a los cuales se les pedía analizar diversos problemas tácticos, para distribuir los recursos de varias operaciones militares y sus actividades de la manera más eficiente posible; y aproximar un modo de lidiar con estos y otros problemas.

Cuando la guerra terminó, el éxito de la IO en la guerra generó el interés de aplicarla

fuera de la milicia. Durante el avance industrial varios de los problemas a los cuales se enfrentaban las diferentes industrias eran los mismos a los que los equipos de IO hicieron frente durante la guerra, aunque en diferente contexto. Durante el principio de la década de 1950, varios de los individuos que fueron parte de estos equipos llevaron la IO a gran variedad de aplicaciones en negocios, industria y gobierno.

Las técnicas generadas fueron un aspecto crucial en el rápido crecimiento de la IO, un ejemplo de esto es el método simplex para resolver problemas de programación lineal, desarrollado por George Dantzig en 1947. Muchas de las herramientas comunes de la IO, como la programación lineal, la programación dinámica, la teoría de colas, y la teoría de inventario fueron realmente bien desarrolladas hasta después de finales de los 50's.

Otro factor de importancia en el crecimiento de la IO fue la gran revolución que se dio dentro del cómputo. Usualmente era necesario procesar muchas operaciones así como manejar varias variables para problemas complejos y eficientes; con la entrada de las computadoras tales operaciones se pudieron realizar estas operaciones de manera rápida y fácil.

Actualmente se puede encontrar gran variedad y cantidad de modelos; y con el constante avance de la tecnología es posible desarrollar nuevas herramientas para resolver problemas que involucren una mayor cantidad de variables y restricciones, ya sea aquellos que anteriormente no podían ser resueltos, o nuevos problemas que se vayan modelando o aquellos en los cuales se desea hacer más eficiente su método de solución.

El proceso en el cual se enfoca la investigación de operaciones se puede sintetizar dentro de las siguientes fases:

1. Planteamiento del problema

2. Observación del sistema
3. Formulación de un modelo matemático⁷ que represente el problema.
4. Verificación del modelo y usarlo para predecir.
5. Selección de la opción adecuada.
6. Presentación de los resultados y la conclusión del estudio a la empresa.
7. Puesta en marcha y evaluar las recomendaciones.

El tipo de modelo que más concierne a la IO es el modelo descriptivo o de optimización. Este tipo de modelo pretende describir el comportamiento que permitirá a una organización alcanzar sus metas. Entre los elementos que lo componen están:

- **Función objetivo.** Es la función cuyo valor se pretende maximizar o minimizar.
- **Variables de decisión.** Son las variables cuyo valor puede ser controlado e influyen en el desempeño del sistema.
- **Restricciones.** Acota los valores que pueden tomar las variables de decisión.

Un modelo de optimización es el que mejor se adecua para satisfacer la necesidad de describir la problemática planteada en este trabajo, conseguir un horario óptimo. El seguir clasificando el modelo final que se desea obtener, (dentro de las demás clasificaciones dadas por la IO basadas en el comportamiento del modelo y de las variables), puede brindar una noción del método para encontrar el óptimo del modelo. A continuación se muestran otras clasificaciones de modelos.

⁷ Los modelos matemáticos son representaciones matemáticas de situaciones reales, que se podrían usar para tomar mejores decisiones, o bien, simplemente entender mejor la situación real. (Winston,2005)

- *Modelos estáticos y dinámicos.*
 - o Modelo dinámico, este tipo de modelos se caracteriza por requerir de una sucesión de decisiones para periodos de tiempo múltiples.
 - o Modelo estático, estos modelos no necesitan sucesiones de decisiones para periodos de tiempo múltiples, la decisión no depende de decisiones tomadas previamente.

- *Modelos lineales y no lineales.*
 - o Modelo lineal, es aquel en que la función objetivo y las restricciones se componen por la suma de las variables de decisión multiplicadas por ciertas constantes.
 - o Modelo no lineal, es en el que la función objetivo y las restricciones se componen de operaciones no lineales de las variables con ciertas constantes u otras variables.

- *Modelos enteros y no enteros.*
 - o Modelo entero, se da si una o más variables de decisión deben ser enteros.
 - o Modelo no entero, en las variables de decisión son libres de tomar valores fraccionarios.

- *Modelos determinísticos y estocásticos.*
 - o Modelo determinístico, es en el cual, suponiendo cualquier valor para las variables de decisión, se conoce con certeza el valor de la función objetivo y si se cumplen o no las restricciones.
 - o Modelo estocástico, es aquel en que adicionalmente la incertidumbre representa otro factor en consideración.

Así pues una definición preliminar del modelo, que mejor se adecua a la problemática abordada en este trabajo, sería que es determinístico, pues debe conocerse con certeza el valor de la función objetivo y el cumplimiento de las restricciones y se parte del supuesto que la incertidumbre no desempeña ningún factor; estático, ya que no debe verse afectado por decisiones previas, el horario no se elige en partes sino en una única decisión; lineal, pues las restricciones y los coeficientes de las variables de decisión y función objetivo son constantes conocidas; y entero, dado que se pretende que las variables de decisión del modelo expresen sí hay o no determinada asignación es decir variables binarias⁸.

Dentro de la IO existen ya varios modelos que describen diversas problemáticas, entre los cuales, por sus similitudes con el modelo al que se desea llegar en este trabajo, destacan el problema de transporte y el problema de asignación, además de un modelo para optimizar el proceso de asignación de la planta docente en la ENEP Acatlán, UNAM (ahora FES Acatlán) redactado por Mario Alberto Zamarripa Calderón. Se explican a continuación:

El **problema de transporte** hace referencia a distribuir cualquier producto desde cualquier grupo de lugares de suministro, *orígenes*, a cualquier grupo de lugares de recepción del producto, *destinos*, de modo que el costo total de distribución se minimice. Aunque el problema de transporte recibe este nombre dado que muchas de sus aplicaciones involucraban optimizar un proceso de transportación, actualmente gran parte de sus aplicaciones no tienen nada que ver con este proceso.

A cada origen le corresponde una cantidad por ser distribuida, *oferta*; y para cada destino una cantidad por ser recibida, *demanda*. En ambos casos dichas cantidades suelen representar cotas máximas más que algún valor fijo.

⁸ Variable binaria es la que toma el valor de 0 ó 1.

Entre los elementos encontrados en el problema general de transporte se tienen:

- Unidades de un producto
- m orígenes
- n destinos
- Oferta a_i del origen i
- Demanda b_k para el destino j
- Costo c_{ij} por unidad distribuida del origen i al destino j

Cada origen tiene una cantidad fija de unidades para ofertar, donde la oferta en su totalidad debe ser distribuida a los destinos. De una manera similar, cada destino tiene una demanda de cierto número fijo de unidades, que de igual modo debe ser satisfecha en su totalidad. En ciertos casos estas cifras representan una cantidad máxima más que un valor fijo. Además, el problema de transporte tiene soluciones factibles si y sólo si

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j ,$$

es decir, que la oferta total de los orígenes debe ser igual a la demanda total de los destinos, que el modelo está equilibrado.

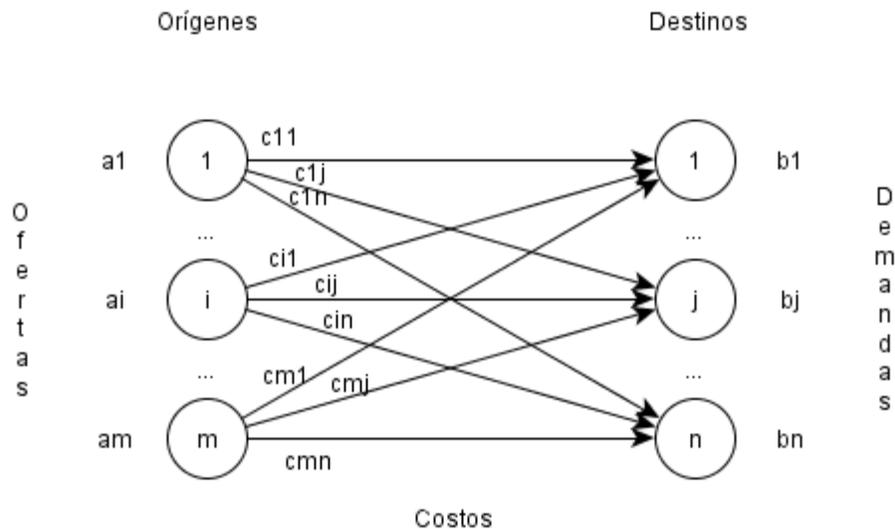


Ilustración 3: Representación gráfica del problema de transporte

Hay problemas que no se ajustan al modelo del problema de transporte porque no cumplen con alguno de los requerimientos establecidos. En dichos casos es posible reformular el problema de tal modo que se ajuste al modelo, introduciendo destinos u orígenes artificiales para cubrir la diferencia existente entre la oferta y la demanda total.

El costo de distribuir unidades de cualquier origen a cualquier destino es directamente proporcional a la cantidad de unidades distribuidas y es denotado por C_{ij} . Los únicos parámetros necesarios para un modelo del problema de transporte son las ofertas, las demandas y los costos unitarios.

El objetivo es minimizar el costo total de distribuir las unidades cubriendo las demandas mediante las ofertas.

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

El modelo matemático del problema de transporte es el siguiente,

$$\text{Minimizar: } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = s_i \quad \text{Para } i=1,2,\dots,m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j \quad \text{Para } j=1,2,\dots,n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{Para todo } i, j$$

Donde

Z es el costo total,

c_{ij} es el costo de transportar una unidad del origen i al destino j,

x_{ij} el número de unidades a transportar del origen i al destino j,

s_i la oferta del origen i y

d_j la demanda del destino j.

El primer restricciones hace referencia a que para cada origen debe emplearse la oferta en su totalidad, y el segundo, que para cada destino las unidades distribuidas deben satisfacer por completo las demandas. La tercera restricción es la de no negatividad.

Para muchas aplicaciones, las cantidades de oferta y demanda en el modelo, tienen valores enteros, y la implementación requiere que las cantidades de distribución (x_{ij}) sean también valores enteros. Para estos casos todas las variables básicas en cada solución básica factible (incluyendo el óptimo) también tienen valores enteros.

El **problema de asignación** es un caso especial del problema de programación lineal y un caso particular del problema de transporte en el que tanto la oferta como la demanda toman el valor de 1. En el problema de asignación *sujetos* son asignados para realizar *tareas*. Por ejemplo, los sujetos pueden ser empleados para realizar labores; asignar gente a trabajos es una aplicación común del problema de asignación. Las aplicaciones del problema de transporte y del problema de asignación suelen emplear un gran número de variables y condiciones.

Para que un problema se considere un problema de asignación debe satisfacer las siguientes consideraciones:

- El número de sujetos y el número de tareas son el mismo. (Este número es denotado por n).
- Cada sujeto es asignado a sólo una tarea.
- Cada tarea es realizada solamente por un sujeto.
- Hay un costo c_{ij} de asignar al sujeto i ($i=1,2,\dots,n$) la tarea j ($j=1,2,\dots,n$).
- El objetivo es determinar como deben realizarse todas las n asignaciones, para minimizar el costo total.

De la misma forma que en el modelo del problema de transporte, en caso de que el problema no satisfaga las consideraciones que lo definieran como un problema de asignación, puede reformularse el problema para que lo haga. Por ejemplo, introduciendo sujetos o tareas artificiales.

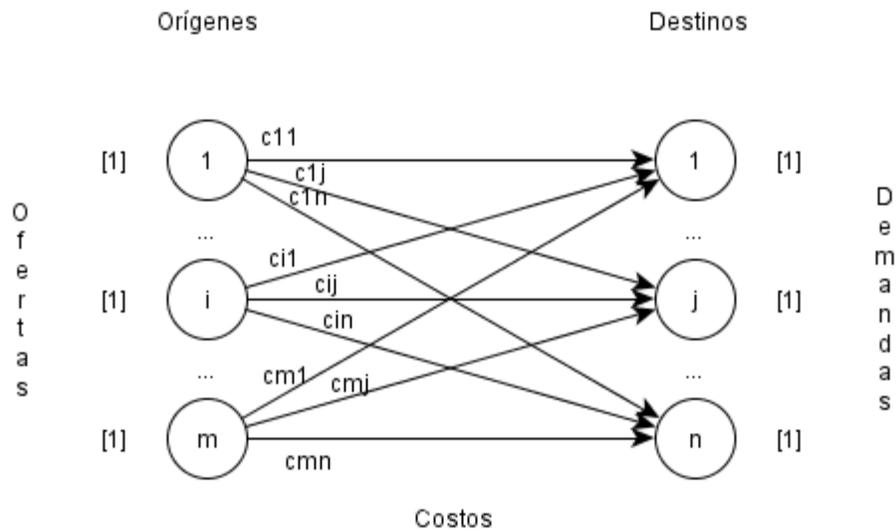


Ilustración 4: Representación gráfica del problema de asignación

El modelo matemático del problema de asignación es el siguiente:

Minimizar: $Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{Para } i=1,2,\dots,n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \text{Para } j=1,2,\dots,n$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{Para todo } i, j$$

Donde,

Z es el costo total,

c_{ij} es el costo unitario de asignarle al sujeto i a la tarea j

x_{ij} es una variable binaria, i. e. toma el valor de 1 si se le asigna al sujeto i la tarea j , y 0 si no.

El primer grupo de restricciones hace referencia a que cada sujeto realiza exactamente una tarea, y el segundo a que las tareas son realizadas solo por un sujeto.

Para 1996, Mario Alberto Zamarripa Calderón publica su tesis *Optimización del proceso de asignación de horarios para la ENEP Acatlán*. En la cual plantea un modelo para resolver dicha problemática, similar a la que se pretende solucionar en este documento.

En su tesis Zamarripa plantea que el problema se puede considerar como un problema de transporte de programación lineal con semejanzas al problema de asignación con las siguientes consideraciones:

- Los orígenes son los profesores y los destinos cada uno de los grupos-materias por ser asignados.
- El flujo de cada transporte toma únicamente valores de 0 o 1, lo cual significa que el grupo-materia respectivo al destino es o no asignada al profesor correspondiente al destino.
- La oferta se considera como el mismo número de horas que debe cubrir cada profesor.
- La demanda es el número de horas que se debe impartir de cada materia.
- El costo de cada flujo se calcula a partir de la disponibilidad de horario, del nivel de estudios y de la categoría respectiva a cada profesor.

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

Así pues, Zamarripa plantea el modelo de su problemática de la siguiente manera:

Sea la función objetivo,

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{l=1}^p \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{lkij} x_{lkij}$$

Sujeta a,

$$\sum_{l=1}^p \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^m x_{ijkl} = b_j \quad \text{Para } j=1,2,\dots, n \quad \dots\dots\dots(i)$$

$$\sum_{l=1}^p \sum_{k=1}^q \sum_{j=1}^n x_{ijkl} \leq a_i \quad \text{Para } i=1,2,\dots, m \quad \dots\dots\dots(ii)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ijkl} \leq 1 \quad \text{Para } j=1,2,\dots, n; k=1,2,\dots, q; l=1,2,\dots, p \quad \dots\dots\dots(iii)$$

$$\sum_{j=x}^y x_{ijkl} \leq 1 \quad \text{Para } i=1,2,\dots, m; k=1,2,\dots, q; l=1,2,\dots, p \quad \dots\dots\dots(iv)$$

$$\sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^m x_{ijkl} \leq r_l \quad \text{Para } l=1,2,\dots, p; j=1,2,\dots, n \quad \dots\dots\dots(v)$$

$$x_{ijkl} \geq 0 \quad \forall i, j, k, l \quad \dots\dots\dots(vi)$$

Donde,

z es el costo-beneficio de la asignación de los profesores a las materias correspondientes al periodo activo.

x_{ijkl} es el flujo, y su valor se determina si es o no asignada la materia j al profesor i el día k a la hora l.

c_{ijkl} el costo-beneficio que se tendrá de asignar al profesor i la materia j el día k a la

hora l . Este valor como ya se menciona, se determina en base a la disponibilidad del profesor, su categoría, su grado académico y su antigüedad.

Y cada restricción simboliza lo siguiente:

- (i) El número de horas de una materia es igual al número de horas requeridas para dicha materia.
- (ii) El número de horas asignadas a un profesor no debe ser mayor a un cierto máximo establecido.
- (iii) La asignación de un profesor j en una hora k del día l debe ser únicamente i , esto para evitar el traslape de horas de clase de los profesores.
- (iv) El número de horas asignadas de todos los profesores, de las materias de la x a la y correspondiente a un grupo, no sea mayor a 1. Esto es para evitar que se traslapen los horarios de las materias en un grupo.
- (v) El número de horas asignadas de la materia j en un determinado día, debe ser menor a un máximo de horas por día de las materias. Esto es para que el modelo no asigne más de un determinado número de horas en un día por materia, ya que sería antipedagógico asignar un gran número de horas de una materia durante el mismo día.
- (vi) La condición de no negatividad de los flujos.

Con los antecedentes planteados, se procede al análisis de la problemática en el caso que nos ocupa, la Coordinación Académica de la sección preparatoria del colegio Salesiano de Santa Julia, y posteriormente a la construcción del modelo y el procedimiento para encontrar la solución óptima a dicha problemática.

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE DECISIÓN, SUS COSTOS Y SU RELACIÓN DE RESTRICCIONES.

Se pretende que el fin principal del modelo sea el de encontrar el conjunto de asignaciones que formen el horario que satisfaga las consideraciones ya planteadas, y que el costo de dicho conjunto de asignaciones sea el mínimo entre todas las posibles decisiones. Para lo que se tiene por función objetivo la siguiente:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^s \sum_{m=1}^t c_{ijklm} x_{ijklm}$$

Donde,

z = Es el costo de la asignación de los profesores para el periodo activo.

x_{ijklm} = El valor que se determina en base a si es o no asignado el profesor m al grupo k en la hora j y el día i para impartir la materia l .

c_{ijklm} = El costo de asignar al profesor m el grupo k a la hora j el día i para impartir la materia l . Este costo se determina en base a la disponibilidad del profesor y las materias que le corresponden impartir; así como disposiciones generales referentes a distribución de espacios y tradiciones de la institución.

De las consideraciones planteadas en el primer capítulo es de donde se obtienen las restricciones del modelo; las cuales son:

- Un profesor no puede impartir más de un clase en el mismo periodo de tiempo para todos los grados y grupos.

$$\sum_{k=1}^r \sum_{l=1}^s x_{ijklm} \leq 1 \quad \forall i=1,2,\dots, p; j=1,2,\dots, q; m=1,2,\dots, t$$

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

- Para cada materia debe cubrirse cierto número de horas por grupo a la semana.

$$\sum_{m=1}^t \sum_{j=1}^q \sum_{i=1}^p x_{ijklm} = \beta_l \quad \forall k=1,2,\dots, r; l=1,2,\dots, s$$

- No deben impartirse por día más de determinado número de horas para cierta materia.

$$\sum_{j=1}^q \sum_{m=1}^t x_{ijklm} \leq \gamma_l \quad \forall i=1,2,\dots, p; k=1,2,\dots, r; l=1,2,\dots, s$$

- Una vez que un profesor es seleccionado para impartir una materia para un grupo, ya no habrá otro profesor que imparta dicha materia a ese grupo.

$$\sum_{j=1}^q \sum_{i=1}^p x_{ijklm} = \beta_l \quad \forall k=1,2,\dots, r; l=1,2,\dots, s; m=1,2,\dots, t$$

En donde,

β_l es el número de horas por semana que se deben impartir a la semana de la materia l.

γ_l es el número máximo de horas que se pueden dar al día para la materia l.

Aunque las restricciones pueden parecer muy parecidas a las del modelo de Zamarripa, el proceso por el cual se llegaron a estas fue completamente independiente, ya que las restricciones de este trabajo surgieron de las necesidades particulares de una institución; inclusive, al momento de elaborar este trabajo la mención al modelo de Zamarripa surgió al investigar como abordar la automatización del modelo resultante de las necesidades de la institución. Una de la diferencias primordiales radica en que la base del modelo de Zamarripa es asignar profesores a grupos-materias, mientras que una característica del modelo de este trabajo es que los profesores ya están asignados a las materias y el problema se centra en si una clase debe impartirse un grupo-materia o no.

APLICACIÓN Y AJUSTE DEL MODELO INSTANCIADO

En un primer momento de instancia del modelo, los valores correspondientes para β_i y γ_i , (estos atributos son básicamente de las materias más que del profesor), se visualizan en las siguientes tablas.

Para las materias de cuartos grados se tiene:

<i>Materia</i>	<i>horas/sem</i>	<i>max p día</i>
<i>Actividades Estéticas y Artísticas IV</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>Desarrollo Humano IV</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Dibujo IV/Informática IV</i>	<i>4</i>	<i>2</i>
<i>Educación Estética y Artística IV</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Educación Física IV</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Educación Física Practica IV</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Física IV</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Formación Religiosa IV</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Geografía IV</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Historia Universal</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Inglés IV</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Laboratorio Física /Orientación Vocacional</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>Lengua y Literatura Hispánica</i>	<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Lógica</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Matemáticas IV</i>	<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Horas Libres</i>	<i>2</i>	<i>N/A</i>

Tabla 8: Restricciones para cuarto grado

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

Para quintos grados:

<i>Materia</i>	<i>horas/sem</i>	<i>max p día</i>
<i>Actividades Estéticas y Artísticas V</i>	2	2
<i>Biología V</i>	3	1
<i>Desarrollo Humano V</i>	1	1
<i>Educación Estética y Artística V</i>	1	1
<i>Educación Física V</i>	1	1
<i>Educación Física Practica V</i>	1	1
<i>Ética</i>	2	1
<i>Etimologías Grecolatinas</i>	2	1
<i>Formación Religiosa V</i>	1	1
<i>Historia de México</i>	3	1
<i>Inglés V</i>	3	1
<i>Investigación V</i>	1	1
<i>Laboratorio de Química/Laboratorio de Biología</i>	2	2
<i>Laboratorio Salud /Orientación Vocacional</i>	2	2
<i>Literatura Universal</i>	3	1
<i>Matemáticas V</i>	5	1
<i>Química V</i>	3	1
<i>Educación para la Salud</i>	3	1
<i>Horas Libres</i>	1	N/A

Tabla 9: Restricciones para quinto grado

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

Para área 1 se tiene:

<i>Materia</i>	<i>horas/sem</i>	<i>max p día</i>
<i>Actividades Estéticas y Artísticas A1</i>	2	2
<i>Dibujo Constructivo</i>	4	2
<i>Derecho A1</i>	2	1
<i>Desarrollo Humano A1</i>	1	1
<i>Educación Física Practica A1</i>	2	2
<i>Física A1</i>	3	1
<i>Formación Religiosa A1</i>	1	1
<i>Inglés A1</i>	3	1
<i>Investigación A1</i>	1	1
<i>Laboratorio Psicología A1</i>	1	1
<i>Laboratorio Física/Química A1</i>	2	2
<i>Literatura de México A1</i>	3	1
<i>Matemáticas A1</i>	5	1
<i>Psicología A1</i>	3	1
<i>Química A1</i>	3	1
<i>Temas Selectos de Matemáticas</i>	3	1
<i>Horas Libres</i>	1	N/A

Tabla 10: Restricciones para Área 1

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

Para área 2:

<i>Materia</i>	<i>horas/sem</i>	<i>max p día</i>
<i>Actividades Estéticas y Artísticas A2</i>	2	2
<i>Biología A2</i>	3	1
<i>Derecho A2</i>	2	1
<i>Desarrollo Humano A2</i>	1	1
<i>Educación Física Practica A2</i>	2	2
<i>Física A2</i>	3	1
<i>Formación Religiosa A2</i>	1	1
<i>Inglés A2</i>	3	1
<i>Investigación A2</i>	1	1
<i>Laboratorio de Física A2</i>	1	1
<i>Laboratorio de Morfología</i>	1	1
<i>Laboratorio de Psicología A2</i>	1	1
<i>Laboratorio de Química/Biología</i>	2	2
<i>Literatura de México A2</i>	3	1
<i>Matemáticas A2</i>	5	1
<i>Morfología</i>	3	1
<i>Psicología A2</i>	3	1
<i>Química A2</i>	3	1

Tabla 11: Restricciones para Área 2

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

Para área 3:

<i>Materia</i>	<i>horas/sem</i>	<i>max p día</i>
<i>Actividades Estéticas y Artísticas A3</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>Contabilidad y Gestión Administrativa</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Derecho A3</i>	<i>2</i>	<i>1</i>
<i>Desarrollo Humano A3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Educación Física Practica A3</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>Estadística y Probabilidad A3</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Formación Religiosa A3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Geografía Económica</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Introducción al Estudio de las Ciencias Sociales y Económicas A3</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Ingles A3</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Investigación A3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Laboratorio Psicología A3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Literatura de México A3</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Matemáticas A3</i>	<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Psicología A3</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Problemas Sociales Políticos y Económicos de México</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Horas Libres</i>	<i>1</i>	<i>N/A</i>

Tabla 12: Restricciones para Área 3

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

Y por último para área 4 se tiene:

<i>Materia</i>	<i>horas/sem</i>	<i>max p día</i>
<i>Actividades Estéticas y Artísticas A4</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>Derecho A4</i>	<i>2</i>	<i>1</i>
<i>Desarrollo Humano A4</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Educación Física Practica A4</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>Formación Religiosa A4</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Historia de la Cultura</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Historia de las Doctrinas Filosóficas</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Introducción al Estudio de las Ciencias Sociales y Económicas A4</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Inglés A3</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Investigación A3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Laboratorio Psicología A4</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Latín A4</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Literatura de México A4</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Matemáticas A4</i>	<i>5</i>	<i>1</i>
<i>Psicología A4</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Revolución Mexicana</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
<i>Horas Libres</i>	<i>1</i>	<i>N/A</i>

Tabla 13: Restricciones para Área 4

Los siguientes elementos a instanciar en el modelo son los costos unitarios, para lo cual es necesario estipular el número de grupos que existen para cada grado.

Posteriormente se determina la relación de los profesores con las materias que

imparte cada quien, así como la disponibilidad de horario de cada uno de los profesores.

De las materias que ya tienen un horario fijo sin importa el profesor que la imparta son:

- Educación estética y artística IV
- Educación estética y artística V
- Actividades estéticas y artísticas IV
- Actividades estéticas y artísticas V
- Actividades estéticas y artísticas A1
- Actividades estéticas y artísticas A2
- Actividades estéticas y artísticas A3
- Actividades estéticas y artísticas A4

Las materias impartidas por más de un profesor son:

- Dibujo IV/Informática IV
- Laboratorio Física /ORIENTACIÓN Vocacional IV
- Laboratorio De Química/Laboratorio De Biología
- Laboratorio Salud /ORIENTACION Vocacional V
- Laboratorio Física/Química A1
- Laboratorio De Química/Biología

De este modo es posible definir el costo unitario de asignar al profesor m a la asignatura l el día i a la hora j como:

$$C_{ijklm} = d_{ijm} k_{lm}$$

Donde,

d_{ikm} toma su valor en base a la disponibilidad del profesor m de impartir a asignatura l el día i a la hora j ; 1, de ser que el profesor esté en disposición y una M relativa y considerablemente grande, que de manera indiscriminada se le dará el valor de 1000 en caso de que no lo esté.

k_{lm} es determinado por la capacidad del profesor m para impartir la materias l .

De tal manera que al instanciar el modelo, el resultado incluye variables de decisión que resultan triviales. Estas variables son aquellas referentes a materias que un profesor no puede impartir, así como todas aquellas materias que no se imparten para ciertos grados. Y dado que por administración interna la relación de profesores y materias que imparten es de uno a muchas, es decir que un profesor imparte varias materias, pero una materia es impartida sólo por un profesor, no es necesario expresar esta relación de manera explícita en el modelo. Visto de otra manera, el profesor es un atributo de cada materia. De tal modo que el modelo reducido queda como sigue:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{\vartheta \in \Omega} \sum_{l_{\vartheta}=1}^{s_{\vartheta}} \sum_{k_{\vartheta}=1}^{r_{\vartheta}} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^8 c_{ijk l_{\vartheta}}$$

Sujeto a:

$$(I) . \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^8 x_{ijk l_{\vartheta}} = \beta_l \quad \forall \vartheta \in \Omega ; k_{\vartheta} \in r_{\vartheta} ; l_{\vartheta} \in s_{\vartheta}$$

$$(II) . \sum_{j=1}^8 x_{ijk l_{\vartheta}} \leq \gamma_l \quad \forall \vartheta \in \Omega ; k_{\vartheta} \in r_{\vartheta} ; l_{\vartheta} \in s_{\vartheta} ; i=1,2, \dots,5$$

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

$$(III) . \sum_{\vartheta}^{\Omega} \sum_{k=1}^{r_{\vartheta}} \sum_{m=1}^l \sum_{l_{\vartheta}=1}^{s_{\vartheta}} x_{ijk_{\vartheta}l} \leq 1 \quad \forall i=1, 2, \dots, 5 ; j=1, 2, \dots, 8$$

$$(IV) . x_{ijk_{\vartheta}l_{\vartheta}} \in \{0, 1\} \quad \forall \vartheta \in \Omega ; \kappa_{\vartheta} \in \rho_{\vartheta} ; \lambda_{\vartheta} \in \sigma_{\vartheta} ; i=1, 2, \dots, 5 ; j=1, 2, \dots, 8$$

De donde los costos unitarios se obtienen únicamente de la disponibilidad de los profesores y estos se repiten para cada materia que imparte dicho profesor y para cada grupo en el que se imparte la materia.

W es el conjunto que contiene los posible grados, es decir el conjunto con los elementos {4to, 5to, A1, A2, A3, A4}.

k_j y l_j son todos los grupos definidos para el grado J y las materias que se imparten para dicho grado respectivamente.

Para aquellas clases que son impartidas por más de un profesor no es necesario añadir restricciones especiales, lo único necesario es tener presente la disponibilidad de los profesores de dichas clases durante la asignación de costos, como al momento de evaluar el traslape tomar en consideración que ninguno de los dos profesores se encuentre dando clases en el momento en el cual se va a asignar la clase.

El conjunto de restricciones (I) hace referencia a que para cada grupo k del grado J la suma de las horas a la semana asignadas para la materia l debe ser igual al número de horas por semana que se deben impartir para la materia β_l .

Para el conjunto de restricciones (II) se tiene que para la materia l del grado J en el grupo k en el día i no debe de asignarse más del máximo de horas por día γ_i .

El conjunto (III) representa la disposición de que un profesor m no puede impartir más

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

de una clase a la vez el día i durante el horario j .

Y por último el conjunto (IV) es la definición binaria de las variables de decisión.

MÉTODO DE SOLUCIÓN

Dos métodos de solución para los problemas binarios como el de este trabajo, son el de ramificación y acotamiento, y el de cortes de Gomory.

El **método de ramificación y acotamiento** se define en los siguientes pasos:

PASO 1 (iniciación). Establecer una cota inferior como menos infinito ($-\infty$) y una cota superior como infinito (∞) resolver el modelo relajado, sin las restricciones de que las variables básicas sean enteras. Si este problema es infactible el original también lo es y no tiene solución. Si la solución es entera entonces se encontró el óptimo, sino se actualiza el valor de la cota inferior con el valor de la función objetivo para el problema relajado.

PASO 2 (ramificación). Empleando la variable $x_k = a.b$ que debe ser entera y no lo es, se genera la ramificación con dos problemas más a resolver. El primer problema es el problema relajado al que se le añade la restricción que $x_k \leq a$, de manera similar el segundo problema es el problema relajado con la restricción $x_k \geq a+1$. Dichos problemas se colocan en una lista de problemas a resolver.

PASO 3 (solución). Se resuelve el siguiente problema de la lista de problemas a resolver.

PASO 4 (actualización de cotas). Si la solución es entera y el valor de la función objetivo es menor que la cota superior, entonces el valor de la cota superior se actualiza con el valor de la función objetivo y se guarda la solución como candidata a la solución del problema entero. Si por el contrario la solución no es entera y el valor de la solución objetivo es mayor al de la cota inferior entonces esta es la que se actualiza con el valor de la función objetivo y se procede a ramificar, añadiendo los nuevos problemas al listado de problemas por resolver.

PASO 5 (poda). Si la solución fue entera entonces no ha lugar a más ramificaciones y se dice que la rama se poda por razones de integralidad. Si por otra parte la solución no es entera pero el valor de la función objetivo es mayor a la cota superior entonces se poda por

cotas. Por último, si el problema es infactible, entonces se poda por infactibilidad.

PASO 6 (optimalidad). Si la lista de problemas a resolver no está vacía, se continúa al paso 3. De lo contrario el procesamiento concluye. Si en este caso, existe un candidato a minimizador, este candidato es la solución del problema entero; si no existe, entonces el problema es infactible.

El **método de cortes de Gomory** consiste en los siguientes pasos:

PASO 1 (iniciación). Se resuelve el problema original sin restricciones de integralidad. Si la solución es no acotada o el problema es infactible entonces el problema original también lo es.

PASO 2 (control de optimalidad). Si la solución es entera entonces es la solución óptima del problema original. De otro modo se continua al siguiente paso.

PASO 3 (generación de corte). Se utiliza una variable básica que debe ser entera y no lo es para generar un corte de Gomory. El cual toma en cuenta los coeficientes de la matriz final del método simplex referentes al renglón de la variable x_k que se desea utilizar para generar el corte y se compone de la siguiente manera:

$$\tilde{f}_k - \sum_j f_{kj} x_{Nj} \leq 0$$

de donde \tilde{f}_k es la parte fraccionaria positiva y menor a uno, del valor de la variable base con la cual se esta haciendo el corte, por ejemplo, si el valor de la variable fue $-\frac{19}{4}$, este valor se puede expresar como la suma de un entero y una fracción positiva, así pues siguiendo con el ejemplo $-\frac{19}{4} = -5 + \frac{1}{4}$ lo cual implica que $\tilde{f}_k = \frac{1}{4}$.

De manera similar f_{kj} es la parte fraccionaria positiva y menor a uno de los coeficientes de las j variables no base x_{Nj} en el renglón de la variable base k .

PASO 4 (resolución). Se añade el corte de Gomory obtenido al problema previamente resuelto, se resuelve este nuevo problema y se pasa al paso 2.

El método de enumeración implícita, desarrollado en 1965 por Egon Balas es un método para resolver problemas de programación lineal entera con variables binarias puras (cero o uno). El cual consiste en enumerar las 2^n posibles soluciones del problema y evaluar solo unas de ellas de manera sistemática.

PASO 0. El problema debe ser de la forma:

$$\begin{aligned} \text{Min } z &= cx \\ \text{s.a.} \\ Ax &\leq b \\ x &\geq 0 \end{aligned}$$

Los costos c_j deben ser positivos, en caso contrario se sustituye $x_j = 1 - y_j$ mientras que para valores negativos se tiene $y_j = x_j$. Y se quita la constante de la función objetivo mediante la siguiente sustitución $z' = z - C$.

PASO 1. Se establece J como el conjunto vacío.

PASO 2. Se evalúa el modelo dándole el valor de 0 a aquellas variables que no estén en J .

PASO 3. Si la solución es factible entonces la rama se da por explorada, y si el valor de z' es el mejor que se ha obtenido, entonces se guarda la solución como candidata de ser la óptima.

Posteriormente si el valor del último elemento de J es 1, a este se le asigna el valor de 0 y se vuelve al **Paso 2**; si dicho valor es cero entonces se quita del conjunto J , y se procede de manera recursiva quitando el último elemento de J hasta llegar a uno cuyo valor sea 1, para entonces asignarle el valor de 0 y probar con esta nueva rama.

Si por otro lado la solución no es factible entonces se define el conjunto N^i con aquellas variables que aporten factibilidad a las restricciones que no fueron factibles. Para cada elemento de este conjunto se evalúa el valor de la función objetivo, si el valor de la función objetivo es menor al de la solución candidata a ser la óptima entonces este pasa a ser el último elemento en J y se procede al **Paso 2**, o si es mayor o igual entonces no se toma en consideración porque esa ramificación no dará un mejor resultado que la solución

candidata a ser la óptima. Si ningún elemento da un valor a la función objetivo menor al de la solución candidata la rama se da por explorada

PASO 4. Una vez que J vuelve a tomar el valor del conjunto vacío es porque ya se recorrieron todas las posibles soluciones de interés y se ya se encontró un óptimo.

MÉTODO	VENTAJA	DESVENTAJA
Ramificación y acotamiento	<p>Se va acercando a la solución mediante la iteración del método simplex.</p> <p>Dada la ramificación es posible paralelizar la resolución.</p>	<p>La relación entre el tiempo de solución y el tamaño del problema es exponencial.</p>
Cortes de Gomory	<p>Se va acercando a la solución mediante la iteración del método simplex.</p> <p>Es una sola restricción la que se va añadiendo en cada iteración.</p>	<p>La relación entre el tiempo de solución y el tamaño del problema es exponencial.</p> <p>Se debe resolver de manera serializada conforme se van obteniendo las nuevas restricciones.</p>
Enumeración implícita	<p>Sólo implica operaciones sencillas como adición y comparación.</p> <p>Puede no ser necesario enumerar las todas las posibles soluciones.</p>	<p>Aun así es posible que sea necesario revisar las 2^n posibles soluciones.</p>
<i>Pantalla propuesta</i>	<p>Menor uso de recursos de cómputo, y más adecuado a lo que se cuenta.</p> <p>Puede que una solución factible sea suficiente sin que tenga que ser forzosamente la óptima.</p> <p>Parecido a la enumeración pero las comparaciones y elecciones quedan a criterio del encargado.</p>	<p>La solución puede no ser la óptima.</p> <p>No es automático como la enumeración.</p>

Siendo el método de ramificación y corte [encontrado en inglés como branch and bound] el más sugerido para una implementación de computo. Teniendo como fundamento los artículos “*A simulation tool for the performance evaluation of parallel branch and bound algorithms*” y “Branch and bound” se observa que se trata de un algoritmo de tiempo polinomial no determinístico, es decir que el tiempo requerido para resolver el problema no crece de manera lineal sino exponencial y su uso es recomendable para problemas pequeños o que puedan ser partidos y utilizar programación paralela para que la solución del listado de problemas se lleve a cabo de manera paralela en diferentes procesos de una o varias máquinas. Pero dada la dimensión, el número de variables y restricciones hacen de este un modelo robusto, además cuenta con consideraciones especiales, tal como las materias que se imparten a más de un grupo a la vez, que impiden separar el modelo en submodelos, se opta por descartar este enfoque, el cual incluye realizar una implementación propia del algoritmo de ramificación y acotamiento, y el uso de software especializado como Tora y Lindo que para empezar no es freeware, por lo que implicaría un gasto fuera de lo previsto, para la institución a la que se desea beneficiar, el comprar una licencia que siquiera acepte el número de variables y restricciones propuestos.

También se considero, dado que se conocen los dos posibles valores de todas las variables de decisión (cero y uno), utilizar la programación lógica para obtener las posibles soluciones del problema y ya sólo determinar la óptima, pero esta solución también involucraba un alto costo de computo.

Al final, con la ayuda de la experiencia laboral obtenida durante el desarrollo de este trabajo se adquirió otro enfoque que resulto en percatarse de la necesidad de realizar modulaciones a ciertos parámetros del modelo en cualquier momento, parámetros como la disposición de los profesores y la cantidad de grupos; así como la necesidad del encargado de elaborar los horarios de poder tomar decisiones que aunque distancien la solución final del óptimo, dicha solución se ajuste mejor a las necesidades de la institución. Por lo que se

opta por que el modelo sea empleado para realizar simulaciones. Dichas simulaciones se realizan mediante una interfase en la que el usuario armará los horarios y mediante el modelo integrado en la lógica de negocio de la interfase, **el usuario será informado en el momento en que esté violando alguna de las restricciones del modelo** y del costo del horario conforme lo esté armando.

Dicha interfase se define en el siguiente capítulo.

DESARROLLO DEL SISTEMA

“No wonder you're late. Why, this watch is exactly two days slow.”

(Lewis Carroll, Alicia en el país de las maravillas, Sombrero Loco)

CONCEPTOS BÁSICOS

Para elaborar un sistema como el que se pretende desarrollar es necesario almacenar información, para lo cual se utiliza una base de datos. Una *base de datos* es el conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto. Debe representar algún aspecto real del mundo, tener un significado y ser diseñada con un fin específico. Existen diversos modelos de bases de datos, el más común actualmente y que se utilizará es el modelo relacional en el cual se plantea el uso de relaciones y entidades; estas son representadas en forma de tablas compuestas por registros (las filas, que representan una instancia de la entidad) y campos (las columnas de una tabla, que representan los atributos de las entidades).

Existen aplicaciones conocidas como sistemas manejadores de bases de datos que permite realizar operaciones tales como consulta, creación, borrado y modificación de la base de datos y los elementos que la componen. Entre los diversos manejadores de bases de datos se encuentra MySQL, que es el manejador de bases de datos que se empleará para el desarrollo de este sistema; debido a su licencia gratuita, gran soporte y documentación en línea.

Una aplicación Web es aquella que el usuario puede utilizar accediendo a un servidor web a través de Internet, una intranet o inclusive acceder a un servidor en la misma máquina en la que se está trabajando mediante un navegador. Entre las ventajas que ofrece el desarrollo de aplicaciones web se tiene la independencia del sistema operativo.

Un servidor web o HTTP es un programa que procesa cualquier aplicación del lado del servidor realizando conexiones bidireccionales o unidireccionales con el cliente, recibiendo así una respuesta que es interpretada por un navegador web. Existen diversos servidores web de entre los cuales se puede escoger el más idóneo o que reúna las características específicas que el cliente requiera. Para el desarrollo de esta aplicación se ha escogido el HTTP Server Project de Apache, pues también se trata de software libre multiplataforma, es decir que está disponible para una gran variedad de sistemas operativos. Por lo cual permite su instalación en casi cualquier máquina. De igual manera existen gran cantidad de lenguajes de programación que funcionan del lado del servidor; el que se empleará será PHP (*Hypertext Preprocessor*), también de licencia libre.

Un cliente es una aplicación o un equipo que accede a un servicio remoto en el servidor a través de una red de telecomunicaciones, a no ser que el mismo equipo funja como servidor y cliente, lo cual será así en este trabajo. Por parte del cliente también se cuenta con lenguajes de programación que permiten páginas con contenido dinámico y de gran interacción con el usuario, uno de estos lenguajes y el que se empleará será JavaScript, y se recurrirá al compendio de librerías de Yahoo™, *Yahoo User Interface* (YUI).

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Como se mencionó previamente, la problemática radica en el inmenso gasto de tiempo y esfuerzo que se invierte en diseñar los horarios, pues la labor suele llevar semanas. Dichos horarios deben cubrir una serie de lineamientos y este cumplimiento debe ser monitoreado durante el proceso de diseño del horario, ya que por lo general el resultado final suele dejar inconformes a varios profesores dado que el horario no se ajusta a su disponibilidad.

El método actual por el cual se planean los horarios es mediante una hoja de cálculo en la computadora, y a lo largo del proceso se vigila el cumplimiento de los lineamientos sobre cada cambio que se vaya realizando en el horario, lo cual eleva considerablemente el tiempo de elaboración.

Otro factor que repercute en la problemática es que la información sobre la disponibilidad de los profesores no está centralizada y la constante consulta de aquella para tener presente las disponibilidades, eleva aún más el tiempo de elaboración. Por lo que la aplicación debe de considerar tanto la disponibilidad de los profesores como los lineamientos expresados en el capítulo anterior, de donde el modelo planteado servirá para estipular la lógica de negocio de las pantallas a proponer.

El director técnico de la preparatoria, encargado de diseñar los horarios, es el único que debe tener información al acceso y a la aplicación, por cual su máquina debe de ser capaz de fungir como servidor y como cliente.

En resumen las actividades necesarias para la elaboración de horarios son:

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

- Adición de profesor y su disponibilidad a plantilla de profesores.
- Actualización de datos y disponibilidad de profesor.
- Dar de baja a profesor en la plantilla.
- Asignación de profesor a clases.
- Asignación de segundo profesor a clases.
- Modificación de asignación de clases asignadas a profesores.
- Asignación de número de grupos a niveles escolares (grados).
- Asignación de clases a un grupo en un día a cierta hora dentro del horario.
- Modificación de la asignación de clases dentro del horario.
- Eliminar asignaciones de clases dentro del horario.
- Verificar el cumplimiento del número de horas por materia a impartir por semana.
- Verificar que no se exceda del número de horas por materia que se debe impartir por día.
- Tener en consideración la disponibilidad de los profesores al momento de realizar los horarios.
- Poder asignar una clase al horario aunque la disponibilidad del profesor no se lo permita.
- No asignar a un profesor más de una vez para un horario.
- Imprimir horarios.

DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS

El director técnico de la preparatoria será el único quien realice las diversas acciones mencionadas anteriormente mediante los distintos módulos.

- **Módulo de profesores.** El usuario⁹ será capaz de agregar profesores, consultar los datos de los profesores que ha agregado, así como dar de baja, y editar los datos.
- **Módulo de materias.** El usuario podrá consultar la relación de las materias con los profesores que la imparten, y de ser necesario puede cambiar al profesor que imparte determinada materia.
- **Módulo de grupos.** El usuario será capaz de especificar el número de grupos que se abrirán para cada grado.
- **Módulo de horarios.** El usuario podrá diseñar sus horarios asistido por la interfaz, siendo informado cuando esté violando alguno de los lineamientos, así como cuando choque con la disponibilidad de alguno de los profesores; en dado caso, será su decisión de sí se desea continuar con la asignación o no. Y en cualquier momento será capaz de descargar el horario que esté elaborando en un archivo con formato *xls* (*eXcel Spreadsheet*).

Al agrupar las actividades relacionadas estaremos creando los casos de uso para nuestras pantallas. Algunas de las actividades pueden quedar fuera por no ser automatizadas, como la impresión y entrega de los horarios.

A continuación se muestran los diagramas con los casos de uso.

⁹ Se utiliza el término usuario para mostrar que, aunque el director técnico sea el único actor, las acciones pueden ser delegadas sin mayor problema.

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

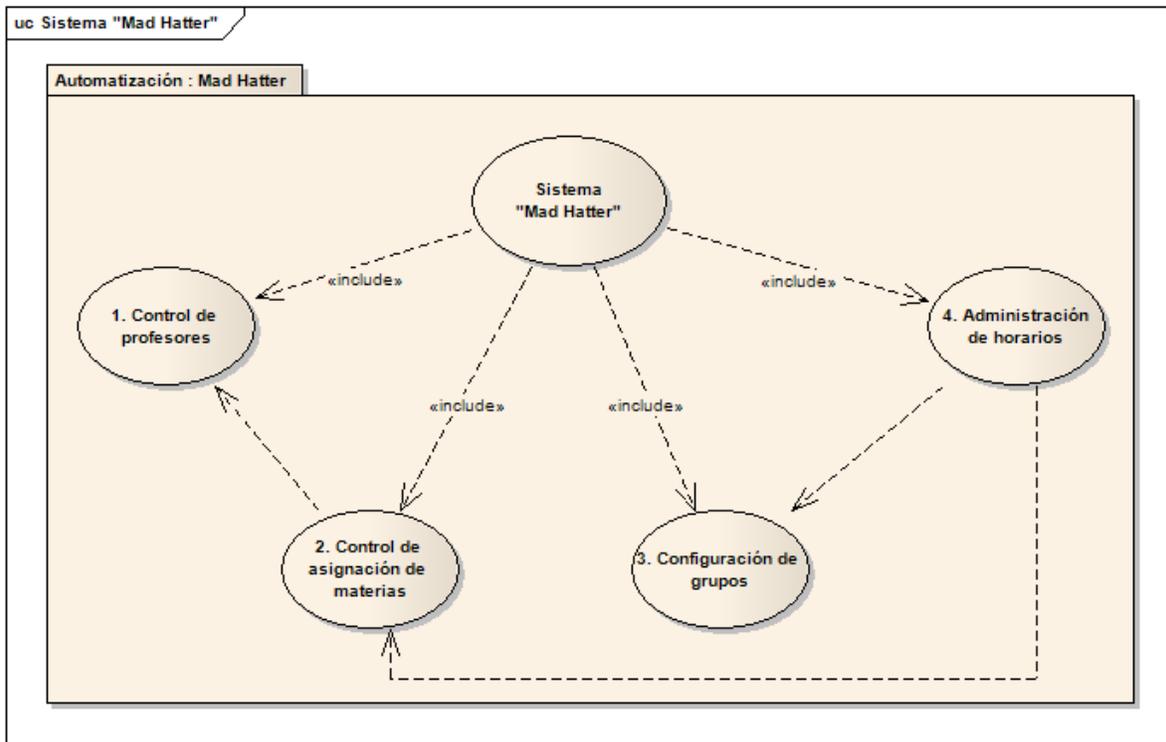


Ilustración 5: Diagrama de caso de uso del menú principal

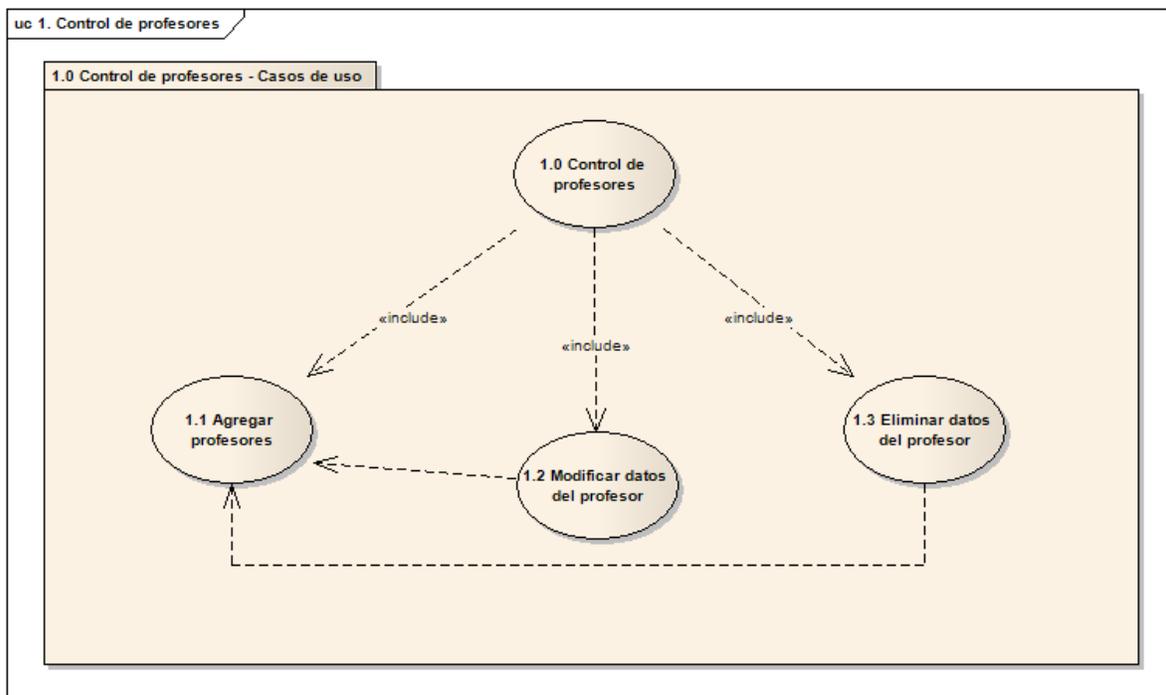


Ilustración 6: Diagrama de caso de uso de Control de profesores

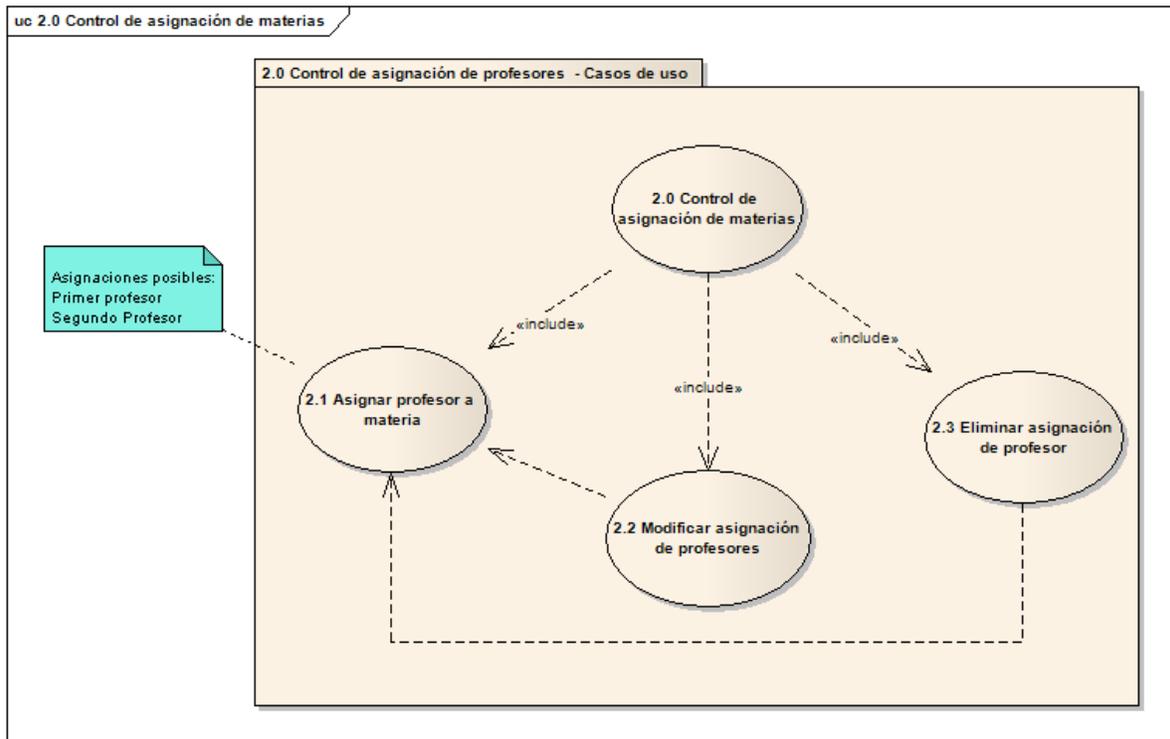


Ilustración 7: Diagrama de caso de uso de asignación de materias

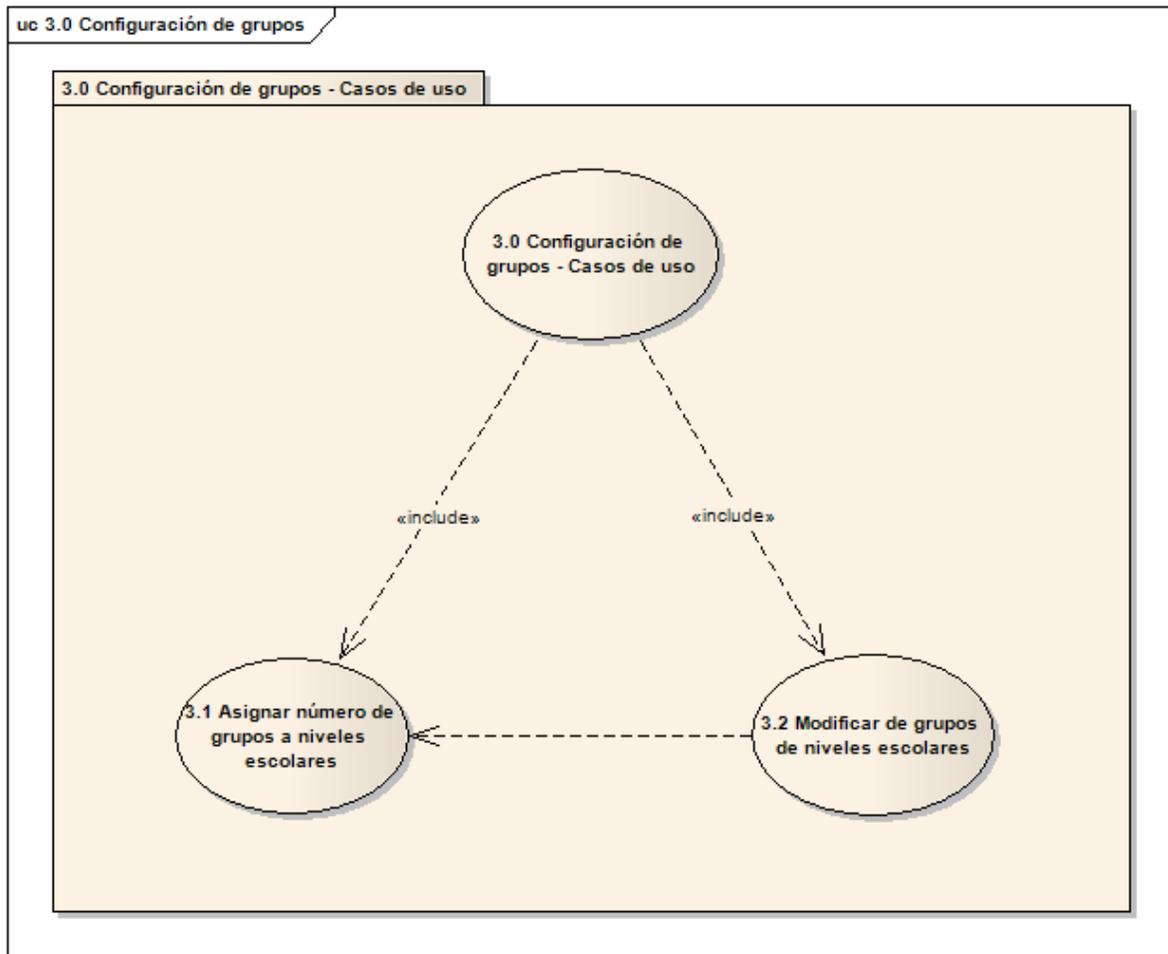


Ilustración 8: Diagrama de caso de uso de configuración de grupos

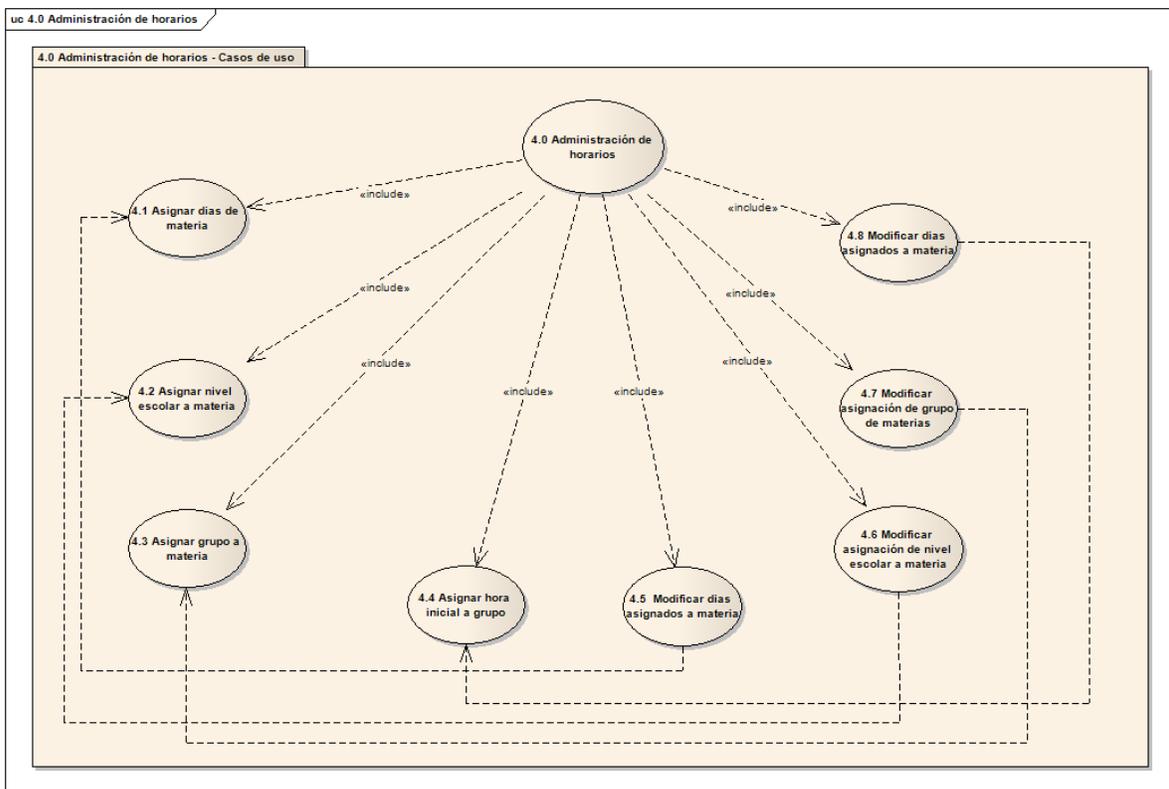


Ilustración 9: Diagrama de caso de uso de administración de horarios

DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN

Dada la necesidad de almacenar datos se emplea una base de datos. Para la cual se diseña la siguiente estructura para la aplicación:

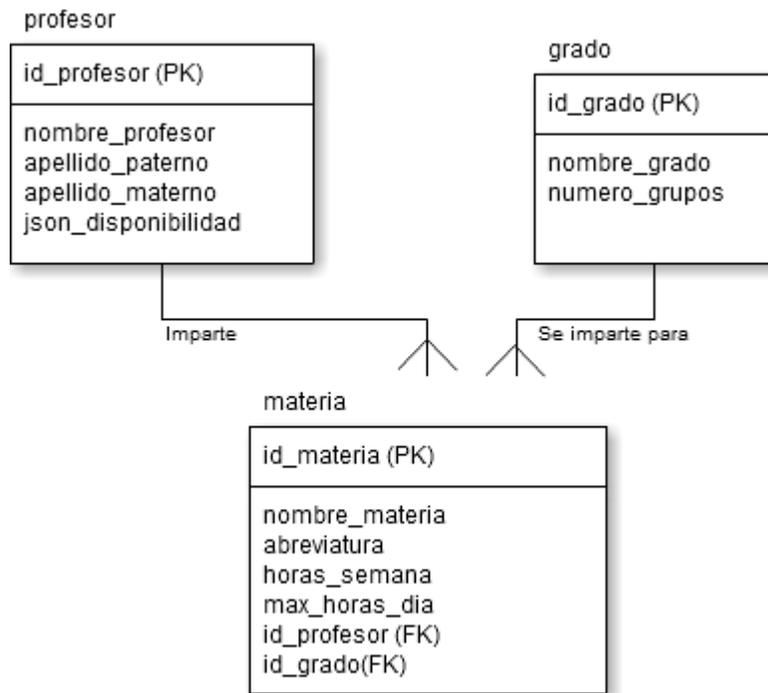


Ilustración 10: Diagrama entidad relación

Adicionalmente a esto se emplea una tabla de usuarios con contraseñas, que no se incluye dado que sólo consta de los elementos usuario y password (el cual se procesa por una función md5 para ser almacenado).

INTERFASE CON EL USUARIO

Dentro de la interfase se tienen diversos módulos que ya se mencionaron previamente y para los cuales se dispone de los siguientes bosquejos de pantallas.

- **Login.** En esta pantalla es en la que el usuario se identificará para poder acceder al sistema.

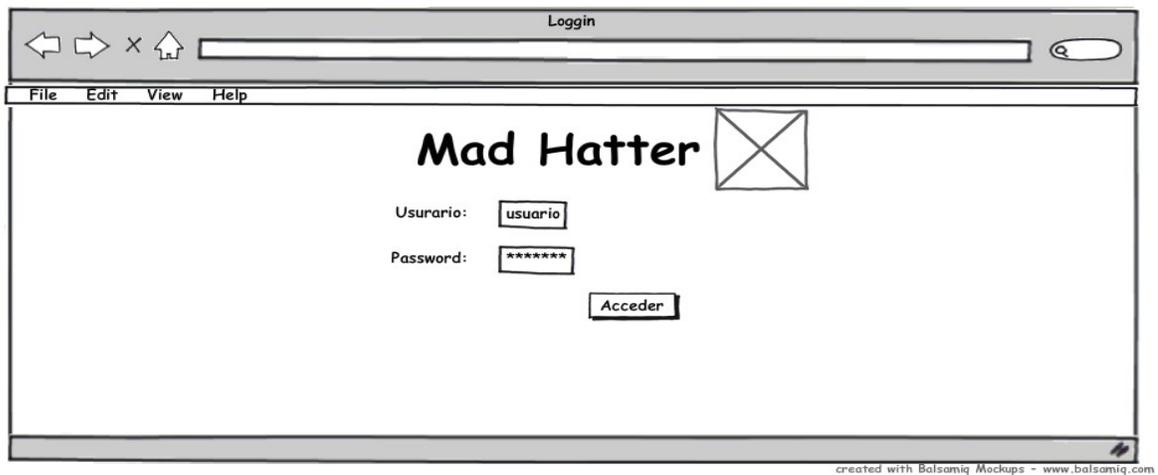


Ilustración 11: Mockup de la pantalla de acceso

- **Panel de control.** En esta pantalla el usuario podrá seleccionar el módulo al que se desea tener acceso.

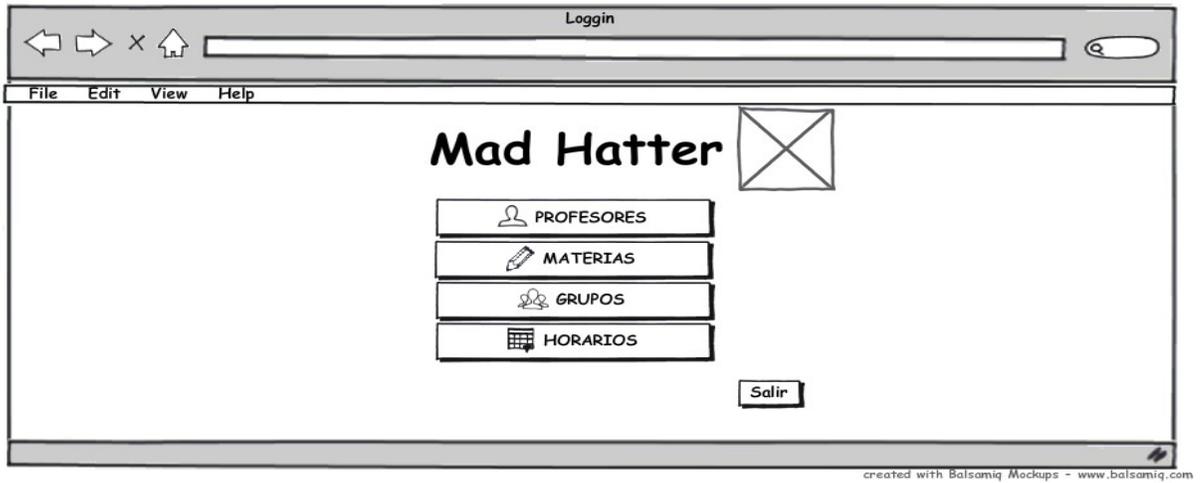


Ilustración 12: Mockup de la pantalla de menú principal

- **Profesores.** En esta pantalla el usuario podrá administrar los profesores que tiene almacenados, añadiendo nuevos; borrando, modificando y/o eliminando a los que ya tiene.

Mad Hatter

Nuevo profesor

Datos del nuevo profesor

Nombre: Apellido Paterno: Apellido Materno:

Disponibilidad:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Lunes	<input type="checkbox"/>							
Martes	<input type="checkbox"/>							
Miercoles	<input type="checkbox"/>							
Jueves	<input type="checkbox"/>							
Viernes	<input type="checkbox"/>							

Nombre	Apellido Paterno	Apellido Materno	Editar	Borrar
Jane	Doe	Doe		

Datos del profesor

Nombre: Apellido Paterno: Apellido Materno:

Disponibilidad:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Lunes	<input type="checkbox"/>							
Martes	<input type="checkbox"/>							
Miercoles	<input type="checkbox"/>							
Jueves	<input type="checkbox"/>							
Viernes	<input type="checkbox"/>							

created with Balsamiq Mockups - www.balsamiq.com

Ilustración 13: Mockup de la pantalla de profesores

- **Materias.** Es donde el usuario podrá realizar cambios en los profesores que imparten que materias.

Mad Hatter

Nombre materia	Grado	Profesor
Matemáticas IV	4to	John Doe
Lengua hispanica	4to	Jane Doe
Inglés	4to	...
...

created with Balsamiq Mockups - www.balsamiq.com

Ilustración 14: Mockup de la pantalla de materias

- **Grupos.** Es donde el usuario indicará el número de grupos existentes para cada grado.

Mad Hatter

Grado	# Grupos
4to	3
5to	3
A1	<input type="text"/>
...	...

created with Balsamiq Mockups - www.balsamiq.com

Ilustración 15: Mockup de la pantalla de grupos

- **Horarios.** En esta pantalla el usuario diseña los horarios. En la interfase se encuentra embebido el modelo anterior como lógica de negocio. Dicha interfase informa al usuario si viola alguna restricción del modelo.

Mad Hatter



	1	2	3	4	5	6	7	8
Lunes								
4A	MATE	LENGUA	FISICA	DESARROLLO	HISTORIA	LOGICA	GEOGRAFIA	
4B								
4C								
5A								
...

Agregando

Grado: Grupo:

Materia:

Día: Hora:

created with Balsamiq Mockups - www.balsamiq.com

Ilustración 16: Mockup de la pantalla de horarios

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Para poder procesar información mediante una aplicación se debe de tener clara la fuente de los mismos, proporcionados por el usuario o tengan un valor predeterminado; así como en qué momento dichos datos son establecidos, requeridos y/o modificados.

Los datos precargados son aquellos que se establecen desde un principio, cuyos valores son conocidos y que no se espera que cambien durante el periodo de vida de la aplicación. Entre estos se encuentran los grados y las materias que son impartidas; teniendo éstas segundas atributos de los cuales también se espera que sean estáticos, como el número de horas máximas que se puede impartir la materia por día y el mínimo que se debe impartir por semana, el grado para el cual es impartida la materia y si la materia puede ser impartida a más de un grupo al mismo tiempo.

Posteriormente aquellos datos con cierto grado de dinamismo son ingresados o modificados mediante el uso de las correspondientes pantallas de la aplicación.

En la **pantalla de profesores**, mediante el código PHP se obtienen los profesores y sus datos de la tabla de profesores de la base de datos; posteriormente esto se envía al navegador, y mediante el uso de Javascript y de la librería YUI para dicho lenguaje, se presenta el listado de profesores como una tabla. En esta pantalla es posible añadir nuevos profesores, llenando aquellos campos considerados como obligatorios y la disponibilidad del profesor, y posteriormente presionando el botón *Agregar*; de no desear agregarlo, es posible limpiar el formulario mediante el botón *Limpiar*.

Para editar los datos de algún profesor previamente añadido, sólo hace falta

presionar en el renglón de la tabla correspondiente al profesor del cual se desean modificar sus datos en la columna de *Editar*. Una vez hecho esto, en el formulario se cargarán los datos almacenados del profesor, y las etiquetas de los botones *Agregar* y *Limpiar* cambian a *Actualizar* y *Cancelar* respectivamente. Una vez que se realizan los cambios en los datos y/o en la disponibilidad, entonces se presiona el botón *Actualizar* para guardar los cambios; de no desearse editar los datos del profesor ni su disponibilidad, se presiona el botón *Cancelar*. Después los botones del formulario vuelven a sus etiquetas iniciales.

Y el método para eliminar al profesor de la lista consiste únicamente en presionar en el renglón correspondiente al profesor que se desea remover del listado en la columna de *Eliminar*, al hacer esto todas las materias que impartía el profesor se marcan como *Sin profesor* y se elimina del listado.

La **pantalla de materias** tiene como objetivo principal definir al profesor o profesores que imparten cada materia. Esto se lleva a cabo seleccionando en la tabla, sobre el renglón de la materia que se desea editar a los profesores en las columnas *Profesor* o *2do Profesor*. Una vez realizados los cambios se presiona el botón de *Guardar*.

En la **pantalla de grupos** se define la cantidad de grupos para cada grado. Presionando la celda en la columna *No. Grupos* y el renglón que se desea editar, se desplegará un campo para modificar el valor. Para guardar los cambios se presiona el botón *Guardar*.

Es en la **pantalla de horarios** en donde todos estos datos son consultados para llevar a cabo las debidas evaluaciones del modelo para asistir durante el proceso de elaboración del horario.

En esta pantalla el usuario selecciona la materia, y el horario, grado y grupo en que desea que la materia sea impartida. Al presionar el botón de *Agregar* se recorre el horario que se ha construido hasta el momento para comprobar que aún no se alcanza el número de horas por semana y aún no se excede el máximo de horas por día que se deben y pueden impartir de la materia para el grupo seleccionado. Si se tienen asignados profesores para impartir la materia, y de no poder ser ésta impartida a más de un grupo a la vez, se verifica que para el horario seleccionado los profesores no se encuentren impartiendo clases en otros grupos. De haber cubierto el número de horas por semanas, haber excedido el máximo de horas por día de la materia o intentar que el profesor se encuentre en más de un lugar a la vez, no se realiza la asignación de la materia y el usuario es informado de la razón por la cual no se le asignó la misma; si no se infringe nada de lo anterior entonces se verifica la disponibilidad de horario de los profesores que imparten la materia, si ninguno de los profesores tiene inconveniente con la asignación, ésta se lleva acabo sin contratiempos, si por el contrario alguno de los profesores carece de disponibilidad se desplegará una pantalla de confirmación en la cual se cede al usuario la responsabilidad de asignar o no la materia. Una vez realizada la asignación se recalcula el costo de “inconformidad” tomando las materias ya asignadas y la disponibilidad de los profesores que las imparten.

El código de lo anteriormente expuesto es:

```
var horizontal_exceptions={1:true, 4:true, 16:true, 19:true, 34:true, 50:true,
68:true, 84:true};

var flag_dia=0;

var flag_semana=0;

var valido=true;

var msg='No se ha podido ubicar la materia para este horario pues: \n';

var msg_bis='';

//Recorrido por día
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
for(var id_hor=0;id_hor<8;id_hor++){  
  /*  
  * Este ciclo corresponde a recorrer todos los horarios del día en  
  * que se asignó la materia, sumar el número de horas en el día y  
  * y posteriormente revisar que no se estén excediendo el  
  * número de horas para dicha materia durante ese día. Esto corresponde  
  * corresponde al segundo conjunto de restricciones del modelo  
  * planteado referentes al máximo de horas de una clase al día  
  */  
  
  if(MH.horario[(MH.y('grado').value)*1000+  
(MH.y('grupo').value)*10+MH.y('dias').value]['h'+id_hor]==MH.y('materia').value)  
  flag_dia++;  
}  
  
//Recorrido por semana  
for(id_hor=0;id_hor<8;id_hor++){  
  for(var id_dia=0;id_dia<5;id_dia++){  
    /*  
    * Estos ciclos corresponden a recorrer todos los horarios  
    * definidos del día, para cada día se la semana, y sumarizar  
    * el número de horas a la semana de la materia para  
    * posteriormente verificar que se este  
    * cumpliendo con el número de horas a la semana que deben impartir  
    * de la materia que se está asignando. Esto corresponde al primer  
    * conjunto de restricciones del modelo.  
    */  
  
    if(MH.horario[(MH.y('grado').value)*10000+  
    (MH.y('grupo').value)*100+id_dia]['h'+id_hor]==MH.y('materia').value)  
    flag_semana++;  
  }  
}  
  
//Chequeo de no profesores a la misma hora  
if(!horizontal_exceptions[MH.y('materia').value]){  
  for(var i=1;i<=MH.no_grados;i++){  
    for(var j=0;j<MH.grupos[i].length;j++){  
      /*  
      * Aquí se verifica que si la materia no es una excepción, entonces
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
* los profesores que imparten la clase no pueden estar en el  
* mismo lugar al mismo tiempo. Esto corresponde al tercer conjunto  
* de restricciones.  
*/
```

```
var temp=i*1000+j*10+MH.y('dias').value;  
  
if(MH.horario[temp]["h"+MH.y('horarios').value]!='&&temp!  
=((MH.y('grado').value)*1000+  
(MH.y('grupo').value)*10+MH.y('dias').value)){  
  
    if(MH.materias[MH.horario[temp]  
["h"+MH.y('horarios').value]]['profesor_1']!=1||  
MH.materias[MH.horario[temp]["h"+MH.y('horarios').value]]  
['profesor_2']!=1){  
  
        if(MH.materias[MH.horario[temp]  
["h"+MH.y('horarios').value]]  
['profesor_1']==MH.materias[MH.y('materia').value]  
['profesor_1']||MH.materias[MH.horario[temp]  
["h"+MH.y('horarios').value]]  
['profesor_1']==MH.materias[MH.y('materia').value]  
['profesor_2']||MH.materias[MH.horario[temp]  
["h"+MH.y('horarios').value]]  
['profesor_2']==MH.materias[MH.y('materia').value]  
['profesor_1']||MH.materias[MH.horario[temp]  
["h"+MH.y('horarios').value]]  
['profesor_2']==MH.materias[MH.y('materia').value]  
['profesor_2']) {  
  
            valido=false;  
  
            msg+=" - Los profesores de la materia que está  
intentando alocar ya se encuentran impartiendo otra clase para esta hora durante  
este día.";  
  
        }  
  
    }  
  
}  
  
}  
  
}  
  
}
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
/*
 * Se verifica que no se excedan las horas por día de la materia y
 * que se cumplen con las horas por semana.
 */

//Chequeo del maximo horas por dia
if(flag_dia>=MH.materias[MH.y('materia').value]['max_dia']){
    valido=false;
    msg+=" - El máximo de horas por dia para la materia son
"+MH.materias[MH.y('materia').value]['max_dia']+" y usted ya tiene "+flag_dia+"\n";
}else{
    msg_bis+=" - El máximo de horas por dia para la materia son
"+MH.materias[MH.y('materia').value]['max_dia']+" y usted ya tiene "+flag_dia+"\n";
}

//Chequeo del maximo de horas por semana
if(flag_semana>=MH.materias[MH.y('materia').value]['max_semana']){
    valido=false;
    msg+=" - El máximo de horas por semana para la materia son
"+MH.materias[MH.y('materia').value]['max_semana']+" y usted ya tiene
"+flag_semana+"\n";
}else{
    msg_bis+=" - El máximo de horas por semana para la materia son
"+MH.materias[MH.y('materia').value]['max_semana']+" y usted ya tiene
"+flag_semana+"\n";
}

if(msg_bis!='') alert(msg_bis);

//Validaciones

/*
 * Después se calcula el costo de haber hecho la asignación en base a la
 * disponibilidad de los profesores, de no tener disponibilidad pregunta
 * al usuario y le da la habilidad de asignar aunque no haya
 * disponibilidad todo con un costo alto para el horario. Esto
 * correspondería a la función objetivo del modelo.
 */
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
if(valido){
    var costo=0;
    var numero=0;

    if(MH.materias[MH.y('materia').value]['profesor_1']!=1||
MH.materias[MH.y('materia').value]['profesor_2']!=1){

        if(MH.materias[MH.y('materia').value]['profesor_1']!=1){

            MH.debug&&console.log(MH.materias[MH.y('materia').value]
['profesor_1']);

            costo+=MH.profesores[MH.materias[MH.y('materia').value]
['profesor_1']][dias_semana[MH.y('dias').value]][0]
[parseInt((MH.y('horarios').value))+1]*1000;

            MH.debug&&console.log(MH.profesores);

            numero++;

        }

        if(MH.materias[MH.y('materia').value]['profesor_2']!=1){

            costo+=MH.profesores[MH.materias[MH.y('materia').value]
['profesor_1']][dias_semana[MH.y('dias').value]][0]
[parseInt((MH.y('horarios').value))+1]*1000;

            numero++;

        }

        if(numero!=0) costo=costo/numero;

    }

    if(costo<1000&&(MH.materias[MH.y('materia').value]
['profesor_1']!=1||MH.materias[MH.y('materia').value]['profesor_2']!=1)){

        if(confirm('El o los profeosera asignados, no tienen disponibilidad
para esa hora, ¿se encuentra seguro que desea continuar?')){
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
        MH.horario[(MH.y('grado').value)*1000+
(MH.y('grupo').value)*10+MH.y('dias').value]
["h"+MH.y('horarios').value]=MH.y('materia').value;

        for(var i=0;i<MH.skull.length;i++){

                if(MH.skull[i]['id']==((MH.y('grado').value)*1000+
(MH.y('grupo').value)*10+MH.y('dias').value)){

                        MH.skull[i]
                        ['h'+MH.y('horarios').value]=MH.materias[MH.y('materia').va
lue]['abreviatura'];

                }

        }

        MH.y('div_tabla').innerHTML='';
        MH.y('div_no_tabla').innerHTML='';
        MH.tabla=null;
        MH.crea_tabla(esquema,"",columnas,MH.skull,"No hay ningún grupo
almacenado",[]);

        MH.tabla.sortColumn(MH.tabla.getColumn('idx_dia'),YAHOO.widget.Da
taTable.CLASS_ASC);

        calcula_costo();

    }
}

        MH.horario[(MH.y('grado').value)*1000+
(MH.y('grupo').value)*10+MH.y('dias').value]
["h"+MH.y('horarios').value]=MH.y('materia').value;

        for(var i=0;i<MH.skull.length;i++){
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
        if(MH.skull[i]['id']==((MH.y('grado').value)*1000+
(MH.y('grupo').value)*10+MH.y('dias').value)){

            MH.skull[i]
            ['h'+MH.y('horarios').value]=MH.materias[MH.y('materia').value]
            ['abreviatura'];

        }

    }

    MH.y('div_tabla').innerHTML='';

    MH.y('div_no_tabla').innerHTML='';

    MH.tabla=null;

    MH.crea_tabla(esquema,"",columnas,MH.skull,"No hay ningún grupo
almacenado",[]);

    MH.tabla.sortColumn(MH.tabla.getColumn('idx_dia'),YAHOO.widget.DataTable
e.CLASS_ASC);

    calcula_costo();

}

}else{

    alert(msg);

}
```

El método por el cual se obtienen los valores para las diferentes variables Javascript con *namespace MH* del código anterior es mediante el uso de *tokens* de modo que el html de esta pantalla es el que sigue:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
    <head>
        <title>Generación de los horarios</title>
        <meta http-equiv="Content-type" content="text/html; charset=utf-8" />
        <!-- AQUÍ VAN LAS LIGAS CSS -->
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
<!-- AQUÍ SE CARGAN LOS SCRIPTS JAVASCRIPT -->
<!-- { $:local_lib } -->
<style type="text/css">
    .hidden{ display: none; }
</style>
<script type="text/javascript">
    var init = function() {
    try{
        /* ESTA ES LA PARTE DEL JAVASCRIPT EN QUE SE LLENAN LAS
VARIABLES */
        MH.skull=MH.j('<!-- { $:skull } -->');
        MH.horario=MH.j('<!-- { $:horario } -->');

        MH.profesores=MH.j('<!-- { $:profesores } -->');
        MH.materias=MH.j('<!-- { $:arr_materias } -->');
        MH.selects_materias=MH.j('<!-- { $:arr_select_materias }
-->');

        MH.grupos=MH.j('<!-- { $:arr_grupos } -->');
        MH.no_grados=parseInt('<!-- { $:nu_grados } -->');

        MH.generacion_horarios();
    }catch(e){ alert(e);}
    }
    YAHOO.util.Event.onDOMReady(init);
</script>
</head>
<body class="yui-skin-sam">
    <div style="margin-left:5%; width:90%;">
        <center>
            <h2>Horarios</h2>
            <div id="div_tabla"></div>
            <div id="div_no_tabla"></div>
        </center>
        <div style="width:100%; text-align:center;">
            <label for="costo">Costo de inconformidad:</label>
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```

        <span id="costo" style="font-size:larger; font-
weight:bold; font-weight:bold;">0</span>
    </div>
    <div style="float:left; width:48%; margin-right:2%; text-
align:right;">
        <label for="dia">Dia:</label>
        <!-- {$:drop_dias} -->
        <br />
        <label for="grado">Grado:</label>
        <!-- {$:drop_grados} -->
    </div>
    <div style="float:left; width:48%; margin-left:2%; text-
align:left;">
        <label for="horario">Horario:</label>
        <!-- {$:drop_horarios} -->
        <br />
        <label for="grupo">Grupo:</label>
        <span id="drop_grupo"></span><br />
    </div>
    <div style="width:100%; text-align:center;">
        <label for="materia">Materia:</label>
        <span id="drop_materia"></span><br />
        <button type="button" id="agregar">Agregar</button>
        <button type="button" id="liberar">Liberar</button> <br />
        <button type="button" id="complete">Descargar XLS</button>

    </div>
    <button type="button" id="regresar">Regresar</button>
</div>
<form id="form" name="form" method="post"></form>
</body>
</html>
```

De todo esto se tiene la contraparte en *php* que se encarga de obtener la información y colocarla en el *html*, y es el siguiente código:

```

...
/*
* ESTA CLASE REALIZA LA CONECCIÓN A LA BASE DE DATOS Y LA ASIGNACIÓN DE LOS TOKENS
*/
class Common{
    public $archivo=null;
    public $mysql=null;
    //Se define el constructor de la clase
    public function __construct($arr_args){
        try{
/*
* AQUÍ SE CONECTA A LA BASE DE DATOS Y SE FIJA EL ENCODING COMO UTF-8,
* SIENDO LOS VALORES DE LAS CONSTANTES
* LOS SIGUIENTES:
* @CONST USERDB "mad_hatter"
* @CONST PSSDB "tea party"
* @CONST DSN "mysql:dbname=mad_hatter;host=localhost"
*/
                $this->mysql= new PDO(DSN,USERDB,PSSDB);
                $this->mysql->query("SET NAMES 'utf8'");
            }catch(Exception $e){
                echo $e;
            }
        }//Fin del constructor
/*
* ESTA FUNCION REEMPLAZA LA CADENA '<!-- {$:'. $token.'} -->' POR EL VALOR
* $value EN EL HTML
*/
        public function _assign($token,$value){
            if(!is_null($this->archivo)){
                $this->archivo=str_replace('<!-- {$:'. $token.'} -->',$value,$this->archivo);
            } else {echo 'y el archivo?';}
        }//Fin de assign
        public function _mostrar(){
            if(!is_null($this->archivo)){
                echo $this->archivo;
            }
        }
    }
}

```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
        } else {echo 'y el archivo?';}
    }//Fin de assign
...
}//fin de common
...
class Frame extends Common{
    ....
/*
* DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE LA CLASE QUE CONTIENE:
* @VAR $horarios Array Contiene los intervalos para cada horario
* @VAR $dias Array Contiene los días de la semana
*/
    private $horarios=array('7:15 - 8:05',
                            '8:05 - 8:55',
                            '8:55 - 9:45',
                            '10:20 - 11:10',
                            '11:10 - 12:00',
                            '12:20 - 13:10',
                            '13:10 - 14:00',
                            '14:00 - 14:50'
                            );
    private $dias=array('Lunes', 'Martes', 'Miercoles', 'Jueves', 'Viernes');

    public function __construct($arr_args){
        parent::__construct($arr_args);
        try{
/*
* AQUI SE OBTIENE QUE HTML VA A SER LA PLANTILLA
*/
            $template='../templates/menu.html';
            if(isset($_GET['documento'])){
                switch($_GET['documento']){
                    case 999:
                        $template='../templates/profesores.html';
                        break;
                    case 432:
                        $template='../templates/materias.html';
                        break;
                }
            }
        }
    }
}
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
        case 187:
            $template='../templates/grupos.html';
            break;
        case 349:
            $template='../templates/horarios.html';
            break;
    }
}
$this->archivo=file_get_contents($template);

}catch(Exception $e){
    echo $e;
}
} //Fin del constructor
/*
 * FUNCIÓN QUE HACE LOS SELECTS
 */
public function _select($contenido,$nombre,$name=true){
    $select=($name)?"<select id='$nombre' name='$nombre'>\n": "<select
id='$nombre'>\n";
    foreach($contenido as $idx=>$option){
        $select.="<option value='$idx'>$option</option>\n";
    }
    $select.="</select>\n";
    return $select;
} //fin de _select
/*
 * ESTA FUNCIÓN ES LA QUE SE EJECUTA DEPENDIENDO LA PANTALLA
 * Y DEFINE LA FUNCIONALIDAD DE LA MISMA DEL LADO DEL SERVIDOR
 * EL CASO QUE SE QUIERE MOSTRAR EN PARTICULAR ES EL 349
 */
public function _frame(){
    try{
        if(isset($_GET['documento'])){
            switch($_GET['documento']){
                ...
                case 349:
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
/*
 *   AQUÍ EL CÓDIGO REACCIONA CON EL BOTÓN DE DESCARGAR XLS
 */
if(isset($_POST['descarga'])){
    $now=date('d_m_Y_h_i_s');
    header("Content-Disposition: attachment; filename=horario_$now.xls");
    header("Content-Type: application/vnd.ms-excel");
    $horario=json_decode($_POST['descarga'],true);
    $tabla="<table><thead><th>Día</th><th>Grupo</th>";
    foreach($this->horarios as $idx_hora=>$hora){
        $tabla.="<th>$hora</th>";
    }
    $tabla.="</thead>";
    foreach($horario as $dia_grupo){
        $tabla.="<tr><td>{$dia_grupo['dia']}</td>";
        $tabla.="<td>{$dia_grupo['grupo']}</td>";
        foreach($this->horarios as $idx_hora=>$hora){
            $tabla.="<td>{$dia_grupo['h'].$idx_hora}</td>";
        }
        $tabla.="</tr>";
    }
    $tabla.="</table>";
    echo $tabla;
    exit;
}
$profesores=array();
/*
 *   OBTENIENDO LAS DISPONIBILIDADES DE LOS PROFESORES
 */
$sql="Select id_profesor,json_disponibilidad from mh_profesores;";
$oPDO=$this->mysql->prepare($sql);
$oPDO->execute();
$temp =$oPDO->fetchAll(PDO::FETCH_ASSOC);
if(!empty($temp)){
    foreach($temp as $profe)
        $profesores[$profe['id_profesor']]=
        json_decode($profe['json_disponibilidad'],true);
}
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
    }  
/*  
* OBTENIENDO INFORMACIÓN DE MATERIAS  
*/  
  
    $sql="Select id_materia,id_grado,  
        nombre_materia, abreviatura, id_profesor,  
        doble, max_horas_semana, max_horas_dia from mh_materias;";  
    $oPDO=$this->mysql->prepare($sql);  
    $oPDO->execute();  
    $materias=$oPDO->fetchAll(PDO::FETCH_ASSOC);  
    if(!empty($materias)){  
        foreach($materias as $materia){  
            $arr_materias[$materia['id_materia']]['abreviatura']=  
                $materia['abreviatura'];  
            $arr_materias[$materia['id_materia']]['profesor_1']=  
                $materia['id_profesor'];  
            $arr_materias[$materia['id_materia']]['profesor_2']=  
                $materia['doble'];  
            $arr_materias[$materia['id_materia']]['max_dia']=  
                $materia['max_horas_dia'];  
            $arr_materias[$materia['id_materia']]['max_semana']=  
                $materia['max_horas_semana'];  
            $arr_select_materias[$materia['id_grado']][]=  
                array('idx'=>$materia['id_materia'],  
                    'value'=>$materia['nombre_materia']);  
        }  
    }  
/*  
* OBTENIENDO INFORMACIÓN DE LOS GRUPOS Y GRADOS  
*/  
  
    $sql="Select id_grado,nombre_grado,numero_grupos from mh_grados;";  
    $oPDO=$this->mysql->prepare($sql);  
    $oPDO->execute();  
    $grupos=$oPDO->fetchAll(PDO::FETCH_ASSOC);  
/*  
* SE PREPARA LA ESTRUCTURA DE DATOS QUE SE LLENARA MEDIANTE EL HTML  
*/  
  
    $nu_grados=sizeof($grupos);  
    foreach($grupos as $grado){  
        $numero_grados[$grado['id_grado']]=$grado['nombre_grado'];  
        for($i=0;$i<$grado['numero_grupos'];$i++){
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
        foreach($this->dias as $idx_dia =>$dia){
            $skull=array();
            $skull['id']=$grado['id_grado']*10000+$i*100+$idx_dia;
            $skull['idx_dia']=$idx_dia;
            $skull['dia']=$dia;
            $skull['grupo']=$grado['nombre_grado']." ".chr(($i+65));
            foreach($this->horarios as $idx_hora=>$hora){
                $skull['h'.$idx_hora]='';
                $schema_horario[$grado['id_grado']*10000+$i*100+
$idx_dia]['dia']=$dia;
                $schema_horario[$grado['id_grado']*10000+$i*100+
$idx_dia]['grupo']=$grado['nombre_grado']." ".chr(($i+65));
                $schema_horario[$grado['id_grado']*10000+$i*100+
$idx_dia]['h'.$idx_hora]='';
            }//fin del for por hora
            $skull_horario[]=$skull;
            $arr_grupos[$grado['id_grado']][]=
                array('idx'=>$i, 'value'=>chr(($i+65)));
        }//fin del for por día
    }// fin del for de grupos

/*
 * SE SUSTITUYEN LOS TOKENS EN EL HTML POR LOS VALORES OBTENIDOS
 */

    $this->_assign('drop_dias',$this->_select($this->dias,"dias"));
    $this->_assign('drop_horarios',$this->_select($this->horarios,"horarios"));
    $this->_assign('drop_grados',$this->_select($numero_grados,"grado"));
    $this->_assign('arr_materias',json_encode($arr_materias));
    $this->_assign('arr_select_materias',json_encode($arr_select_materias));
    $this->_assign('arr_grupos',json_encode($arr_grupos));
    $this->_assign('nu_grados',$nu_grados);
    $this->_assign('skull',json_encode($skull_horario));
    $this->_assign('horario',json_encode($schema_horario));
    $this->_assign('profesores',json_encode($profesores));

/*
 * AQUI TERMINA EL CASE 349 (REFERENTE A LA PANTALLA DE HORARIOS)
 */

        break;
    }
}
```

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

```
    }
    $this->_assign('local_lib',$this->libreria);
    $this->_mostrar();
}catch(Exception $e){
    echo $e;
}
}
}
} //frame
...

```

Cuando se presiona el botón *Liberar* se remueve cualquier asignación que hubiese para el grupo y el horario seleccionados, y posteriormente se recalcula el costo de inconformidad.

Para todas las páginas cuando se llaman a sí mismas mediante la acción de diversos botones, como lo es *Guardar*, se llama la página a si misma y se verifica el estado en el POST y, de contar con los datos indicados, se realiza la acción. Después de esto se vuelve a direccionar la página a la que la mandó llamar, es decir, ella misma pero sin datos en el POST.

La manera mediante la cual se presentan los datos obtenidos por el servidor del lado del cliente es cargando una plantilla y sustituyendo en ella ciertas etiquetas, *Tokkens*, por la información y mostrando en pantalla el resultado, una página con todos los datos.

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Recapitulando, la cantidad de variables y restricciones, algunas de ellas sumamente particulares, ocasionan que el modelo sea poco manejable y que el intentar encontrar una o la solución óptima (si es que ésta existe) conlleve consigo la utilización de demasiados recursos, y lo que se pretende es eficientar el proceso con los recursos con que se cuenta en lugar de aumentar el consumo de estos para poder obtener una solución óptima, por lo que se tomó la decisión de descartar una solución analítica.

La siguiente estrategia planteada fue la de descomponer el modelo de un problema de programación entera a un problema de programación dinámica, es decir, descomponer el problema en problemas más pequeños y manejables; sin embargo, la estrecha relación entre variables dificulta esta acción; por lo que esta opción se descarta.

Además existen momentos en que no es posible satisfacer la disponibilidad de los profesores y el usuario debe de ser capaz de poder tomar una resolución y realizar la asignación.

Por todo esto se decide implementar una aplicación en la cual se capturen los profesores y sus disponibilidades, el número de grupos que se pueden tener de un grado, la relación entre las materias y los profesores, y una interfaz mediante la cual el usuario vaya armando un horario, y como reglas programáticas de la interfaz se tome en cuenta el modelo planteado para no exceder el máximo de horas por día, y tener en cuenta las horas por semana a cubrir de las materias y cuántas horas ha asignado ya de una materia para determinado grupo; que no se traslape la ubicación de los profesores y que se esté

consciente de la disponibilidad de estos. Además de tener la opción de descargar una réplica del horario que ha desarrollado en un formato que pueda editar y formatear como lo es *x/s*, el formato de las hojas de cálculo de *Microsoft® Excel®*.

Se decide que la aplicación sea en una plataforma web corriendo en un servidor local, con PHP como lenguaje del lado del servidor y Javascript del lado del cliente, y MySQL como manejador de base de datos. Controlar el acceso a la aplicación con el uso de un usuario y su respectiva contraseña, almacenados en la base de datos, estando la contraseña codificada con el algoritmo MD5¹⁰. Una vez autenticado el usuario se almacena este estado de autenticación del lado del cliente en un archivo temporal, que el servidor capta y posteriormente identifica como la variable de ambiente de PHP, `$_SESSION`. El checar la sesión se realiza desde el código que el servidor carga en cada solicitud que se le realice. Si hay una sesión activa entonces se redirecciona la página al *Panel de principal*, de no ser así entonces la redirección se realiza a la página de *Login*, para volver a identificarse.

La página de acceso contiene una imagen de cabecera con el nombre de la aplicación y un formulario compuesto por los campos *Usuario* y *Password*, así como el botón *Acceder*, con el cual se verifica que exista un usuario con el nombre y la contraseña, que se están ingresando en la base de datos en la tabla de usuarios. La página es la siguiente:

¹⁰ Abreviatura de *Message-Digest Algorithm 5*(Algoritmo de Resumen del Mensaje 5), es un algoritmo de reducción criptográfico de 128 bits ampliamente usado.



Usuario:

Password:

Acceder

Ilustración 17: Screenshot de la pantalla de acceso

Una vez identificado el usuario se tiene acceso al *Panel principal*, el cual se compone de dos partes. La primera, una cabecera (concurrente en las pantallas subsecuentes) en la cual se encuentra la imagen de cabecera y el botón *Salir* que cierra la sesión activa y regresa a la pantalla *Login*. La segunda parte es un *iframe*¹¹ cuyo contenido cambia conforme se navega a través de la aplicación. Inicialmente se visualiza un menú para seleccionar qué conjunto de elementos se quiere administrar, estando entre las opciones: *Profesores*, *Materias*, *Grupos* y *Horarios*. La pantalla luce de la siguiente manera:

11 Marco flotante en el cual se puede insertar un documento html.



Ilustración 18: Screenshot del menú principal

Al presionar cualquiera de las opciones, como ya se mencionó, el contenido del *iframe* cambia por la página correspondiente de la opción seleccionada, bosquejada durante el modelado de la interfase con el usuario, y para la cual su funcionalidad se describió en el apartado del procesamiento de los datos. Las pantallas para cada una de las opciones son:

- Para *PROFESORES* al añadir un nuevo profesor.

Profesores

Datos del nuevo profesor

Nombre: Lorem	Apellido paterno: Ipsum	Apellido materno: Dolor
RFC: Sit	Disponibilidad	

DIA/HOARARIO	1	2	3	4	5	6	7	8
LUNES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MARTES	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MIERCOLES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
JUEVES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VIERNES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre del profesor	RFC	Editar	Eliminar
CONSECTETUR ADIPISCING ELIT	VULPUTATE		
NULLAM NEC FAUCIBUS	NULLA		

Ilustración 19: Screenshot de la pantalla de profesores al añadir uno nuevo

- Para *PROFESORES* al editar un profesor ya existente en el listado

Profesores

Datos nuevos del profesor que esta editando

Nombre: Apellido paterno: Apellido materno:

RFC:

Disponibilidad

DIA/HOARARIO	1	2	3	4	5	6	7	8
LUNES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MARTES	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MIERCOLES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
JUEVES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VIERNES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre del profesor	RFC	Editar	Eliminar
CONSECTETUR ADIPISCING ELIT	VULPUTATE		
NULLAM NEC FAUCIBUS	NULLA		
LOREM IPSUM DOLOR	SIT		

Ilustración 20: Screenshot de la pantalla de profesores al editar

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

- Para **MATERIAS**

Materias

<< < 1 2 3 4 > >> 30 ▾

Grado	Materia	Profesor	2do Profesor
Cuarto	ACTIVIDADES ESTETICAS Y ARTISTICAS IV	2-CONSECTETUR ADIPISCING ELIT ▾	1-Sin Profesor
Cuarto	DESARROLLO HUMANO IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	DIBUJO IV/INFORMÁTICA IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	EDUCACIÓN ESTÉTICA Y ARTÍSTICA IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	EDUCACIÓN FÍSICA IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	EDUCACIÓN FÍSICA PRACTICA IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	FISICA IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	FORMACIÓN RELIGIOSA IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	GEOGRAFIA IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	HISTORIA UNIVERSAL	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	INGLES IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	LABORATORIO FÍSICA /ORIENTACIÓN VOCACIONAL	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	LENGUA Y LITERATURA HISPÁNICA	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	LÓGICA	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Cuarto	MATEMATICAS IV	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	ACTIVIDADES ESTETICAS Y ARTISTICAS V	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	BIOLOGIA V	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	DESARROLLO HUMANO V	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	EDUCACIÓN ESTÉTICA Y ARTÍSTICA V	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	EDUCACIÓN FÍSICA V	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	EDUCACIÓN FÍSICA PRACTICA V	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	ETICA	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	ETIMOLOGIAS GRECOLATINAS	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	FORMACION RELIGIOSA V	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	HISTORIA DE MÉXICO	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	INGLES V	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	INVESTIGACION V	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	LABORATORIO DE QUÍMICA/LABORATORIO DE BIOLOGÍA	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	LABORATORIO SALUD /ORIENTACION VOCACIONAL	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor
Quinto	LITERATURA UNIVERSAL	1-Sin Profesor	1-Sin Profesor

<< < 1 2 3 4 > >> 30 ▾

Guardar Regresar

Ilustración 21: Screenshot de la pantalla de materias

- Para *GRUPOS*



Ilustración 22: Screenshot de la pantalla de grupos

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

- Para HORARIOS

Horarios

<< < 1 > >> 30

	Dia	Grupo	7:15 - 8:05	8:05 - 8:55	8:55 - 9:45	10:20 - 11:10	11:10 - 12:00	12:20 - 13:10	13:10 - 14:00	14:00 - 14:50
0	Lunes	Cuarto A								
0	Lunes	Quinto A								
0	Lunes	Area 1 A								
0	Lunes	Area 2 A								
0	Lunes	Area 3 A								
0	Lunes	Area 4 A								
1	Martes	Cuarto A								
1	Martes	Quinto A								
1	Martes	Area 1 A								
1	Martes	Area 2 A								
1	Martes	Area 3 A								
1	Martes	Area 4 A								
2	Miercoles	Cuarto A								
2	Miercoles	Quinto A								
2	Miercoles	Area 1 A								
2	Miercoles	Area 2 A								
2	Miercoles	Area 3 A								
2	Miercoles	Area 4 A								
3	Jueves	Cuarto A								
3	Jueves	Quinto A								
3	Jueves	Area 1 A								
3	Jueves	Area 2 A								
3	Jueves	Area 3 A								
3	Jueves	Area 4 A								
4	Viernes	Cuarto A								
4	Viernes	Quinto A								
4	Viernes	Area 1 A								
4	Viernes	Area 2 A								
4	Viernes	Area 3 A								
4	Viernes	Area 4 A								

<< < 1 > >> 30

Costo de inconformidad: 0

Dia: Lunes Horario: 7:15 - 8:05

Grado: Cuarto Grupo: A

Materia: ACTIVIDADES ESTETICAS Y ARTISTICAS IV

Ilustración 23: Screenshot de la pantalla de horarios

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

“Well! I’ve often seen a cat without a grin; but a grin without a cat! It’s the most curious thing I ever say in my life!”
(Lewis Carroll, *Alicia en el país de las maravillas*, Alicia)

Durante el desarrollo de la aplicación se percibió que contar con una etapa de planificación de desarrollo y una estrategia de trabajo otorgan eficiencia al proceso; brindando objetivos precisos y metodologías para conseguir estos objetivos.

Es importante garantizar la calidad y eficiencia del procesamiento y de la presentación de los datos sin perder de vista los tiempos de entrega, dando prioridad a todo lo que se planeó desde el principio y postergando las mejoras que se vayan detectando para después de la entrega, ya que siempre se va a encontrar algo que mejorar; ir incorporando en cada momento estas mejoras puede provocar que el tiempo utilizado en la fase de desarrollo (o en la de pruebas y correcciones) sea mayor que lo planeado retrasando las entregas. Además, las mejoras pueden programarse y realizarse en conjunto con las sugerencias y correcciones que pudieran ser solicitadas y/o detectadas por el usuario.

Otro punto importante es que para una gran cantidad de usuarios la abstracción y complejidad del desarrollo carece de importancia; otorgándola por lo general a los resultados y el tiempo que tarda recibir su producto; por lo que el uso de modelos o soluciones demasiado abstractas puede significar más tiempo para implementarlos que si se hubieran utilizado elementos de mayor simplicidad para obtener resultados similares e inclusive idénticos. Para reducir tiempo también es posible reutilizar código, pues hay ya varias herramientas en Internet elaboradas para el uso de quien llegue a necesitarlas.

Es crucial en el desarrollo de una herramienta de fácil uso para el usuario, contar con las directrices del funcionamiento de ésta; en el caso concreto de este sistema, el

funcionamiento de la sección de asignación de horarios se basa en el modelo planteado en el capítulo dos.

Aunque es posible comenzar con la idea de un modelo simple, conforme se van incorporando más especificaciones, éste se va volviendo más extenso, lo que ocasiona que obtener la solución óptima sea un proceso tardado, si es que esta existe; además que esto deja fuera las decisiones intermedias de quien elabora el horario. Así que se opta por que el usuario sea quien tenga el control sobre la información que ingresa, como de la responsabilidad de tomar decisiones sobre la elaboración del horario, siempre dentro del marco del conjunto de restricciones definidas en el modelo, y asistido por la presentación de una cuantificación del impacto de su decisión sobre el esquema general con respecto a la disponibilidad de horario de los profesores.

Una vez que se ha implementado el sistema, se instala en un servidor local en la computadora de quien elabora los horarios (el director técnico); el cual se encarga de capturar a los profesores y sus disponibilidades, los profesores que imparten cada materia y la cantidad de grupos por grado. Ya con estos datos se hace uso de la pantalla para la elaboración del horario, y si bien no se obtuvo una solución inmediata o definitiva, se pudo agilizar el proceso de elaboración de horarios ya que el usuario no es quien se debe preocupar por las restricciones, pues el sistema vigila que éstas se cumplan y solicita una confirmación al usuario cuando esté asignando alguna materia en la cual alguno de los profesores que la imparten no tenga disponibilidad. Además el usuario tiene la posibilidad de plantear diversos escenarios independientemente de si son el óptimo o no; pudiendo adecuar a necesidades emergentes y particulares en diversos escenarios, para poder evaluar dichos escenarios y elegir el más adecuado conociendo el impacto que cada uno de estos tiene. Todo esto superior al uso de un tablero de madera y notas adhesivas, o incluso que algún software de hoja de cálculo.

Una vez que se implementó el sistema se obtuvieron observaciones que servirán para versiones posteriores en la generalización del mismo para más instituciones educativas, siendo la primordial de todas que los datos precargados sean capturables como: los grados, las materias e incluso los días y casillas de horario. Además el incluir un módulo para controlar el acceso al sistema y un sencillo instalador. Y sobre todo, teniendo a disposición mayores recursos de computo implementar el uso del método de enumeración implícita para partir de una solución inicial y que el usuario ya sólo personalice el horario a partir del óptimo.

Así pues con el afinamiento del pensamiento lógico y el análisis de problemáticas, modelado y desarrollo de software adquirido durante la carrera *Matemáticas Aplicadas y Computación*, junto con matices que se adquiere con la experiencia laboral es como se logró modelar y optimizar el proceso de elaboración de horarios en la sección Preparatoria del Colegio Salesiano de Santa Julia.

BIBLIOGRAFÍA

- Iraburu, José María (1999). *Hechos de los apóstoles en América*. Fundación Gratis Date Estella.
- Miranda Basurto, Ángel (2003). *La evolución de México*. México: Porrúa.
- Hamdy, Taha A. (2007). *Operations Research, an Introduction*. USA: Pearson Prentice Hall.
- Bazaraa, Mokhtar S., et. al (1977). *Linear Programming and Network Flows*. USA: John Wiley Sons, Inc.
- Hadley, G (1963). *Linear Programming*. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Hiller, Frederick S., et. Al (2001). *Introduction to Operations Research*. USA: McGraw-Hill.
- Castillo, Enrique, et. al (2002). *Formulación y Resolución de Modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia*. España: Universidad de Castilla-La Mancha.
- Winston, Wayne L (2005). *Investigación de operaciones. Aplicaciones y Algoritmos*. México: Thomson.
- Prawda, Juan (2004). *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones I: Modelos determinísticos*. México: Limusa.
- De Bruin, Arie, et. al (1988) . "A simulation tool for the performance evaluation of parallel branch and bound algorithms". *Mathematical Programming Volume 42, Issue 1-3* , pp 245-271. Holanda: Springer-Verlag .
- Zamarripa Calderón, Mario Alberto (1996). *Optimización del proceso de asignación de la planta docente de la ENEP Acatlán*. México: El autor.
- Priolo, Sebasrian (2008). *Ruby. Manual del programador*. Banfield: Gradi.

FUENTES DIGITALES

- “Salesianos”. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Salesianos>> (Agosto 2010).
- Olimón Nolasco, Manuel. “Madero en Santa Julia - 8 de diciembre de 1912”. <<http://www.olimon.org/manuel/centenarios/julia.htm> > (Abril 2011).
- “Historia”.2009. <http://www.universidadsalesiana.edu.mx/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=1 > (Octubre 2010).
- *En Familia PEM*. “Salesianos en México”. “Historia de los Salesianos en México”. 2008. <http://www.salesianosmem.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=84> (Octubre 2010).
- “Guerra Cristera”. <http://es.wikipedia.org/wiki/Guerra_Cristera> (Octubre 2010).
- “¿Qué es la investigación de operaciones?”. <<http://www.investigaciondeoperaciones.net/>> (Noviembre 2011)
- “Introduction”. “Operations Research Models and Methods”. 2004. <<http://www.me.utexas.edu/~jensen/ORMM/>> (Noviembre 2011)
- “Branch and bound”. 2015. <http://en.wikipedia.org/wiki/Branch_and_bound> (Febrero 2015)
- “Base de datos”. <http://es.wikipedia.org/wiki/Base_de_datos> (Febrero 2011)
- “Sistema de Gestión de base de datos”. <http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_gesti%C3%B3n_de_bases_de_datos > (Febrero 2011)
- Documentación MySQL 5.5. <<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.5/en/mysql-nutshell.html>> (Marzo 2011)
- “Aplicación Web”. <http://es.wikipedia.org/wiki/Aplicaci%C3%B3n_web> (Febrero 2011).
- Sitio oficial proyecto Apache. <<http://httpd.apache.org/> >

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

- Sitio oficial de PHP. <<http://www.php.net/>>

ANEXO 1. CONVERSACIÓN SOBRE LA PROBLEMÁTICA CON EL DIRECTOR TÉCNICO DE LA SECCIÓN PREPARATORIA DE LA SECCIÓN PREPARATORIA DEL COLEGIO SALESIANO, ENCARGADO DE REALIZAR LOS HORARIOS.

Al iniciar este trabajo se lleva a cabo una conversación con quien era el director técnico de la sección preparatoria del colegio; debido a que una función de dicho puesto es el elaborar los horarios de cada ciclo escolar cubriendo con las horas por semana que debe impartirse de cada materia conforme a su programa.

Se habló sobre el alto costo en tiempo y esfuerzo que conlleva elaborar los horarios, que en varias ocasiones no logran satisfacer las necesidades de disponibilidad de los profesores lo que llega a ocasionar descontento por parte de estos. Así que lo que se requiere es una herramienta que facilite la elaboración del horario, que tome en consideración la disponibilidad de los profesores así como las restricciones de programa de cada materia; y que sea de fácil uso para él.

ANEXO 2. ENTREVISTA PARA DETERMINAR EL FLUJO DE LOS DATOS Y LOS REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA

P.- ¿Cuál es el modo en que actualmente realizan los horarios?

R.- Actualmente utilizamos un tablero grande con divisiones que representan los diferentes grados y grupos, y los días y horarios. Utilizamos notas autoadheribles para ir colocando las clases sobre la casilla que correspondiente.

P.- ¿Cuáles son las mayores problemáticas que afrontan con este modo?

R.- En la mayoría de las ocasiones por más que lo intentemos los profesores no quedan conformes con el horario. Además, llega a ser algo laborioso y tardado. Nos llevamos días e incluso semanas, y entre tanta nota se complica la labor pues no hay una noción clara de lo que hay que asignar o de cuando hemos terminado con un grupo. Lo más frustrante en ocasiones es terminar y darte cuenta que no estás cumpliendo con el número de horas a cumplir para cierta materia, incluso con los maestros dependiendo de los motivos de sus disponibilidades, es posible negociar que se ajusten, pero en estos casos cambias sólo una clase y tienes que hacer muchos cambios más.

P.- ¿Cómo toman en consideración la disponibilidad de los profesores?

R.- Pues básicamente me reúno con ellos antes de comenzar a diseñar los horarios para conocer sus necesidades, a veces se me pasan al momento de hacer el horario y debo deshacer algo ya hecho por lo mismo. Otras no es posible cubrir sus necesidades y recurrimos a negociarlo.

P.- ¿Qué tan seguido cambian los planes de estudios y por ende las horas que se imparten por semana cada materia?

R.- Es algo que casi no nos pasa, a lo más separamos una materia cuando queremos especificar el uso de un área en específico como los laboratorios o el salón de dibujo. Pero en total el número de horas y las materias se han mantenido.

Para tener una noción sobre el equipo del cual se dispone para instalar y usar la aplicación y quiénes harán uso de ésta, básicamente sólo fueron necesarias dos preguntas:

P.- ¿Quiénes va a ser quienes usen la aplicación?

R.- Únicamente yo.

P.- ¿En qué máquina quieres que se instale la aplicación?

R.- En mi máquina de aquí, de mi oficina. (Una máquina con un procesador de 1.2Ghz y 1Gb en RAM).

ANEXO 3. HORARIO EXISTENTE REALIZADO POR LA FORMA VIGENTE

Al empezar con la elaboración de este proyecto, entre la información que se recibió de la institución fue un horario anteriormente realizado; del cual se obtuvo la mayoría de la información restante. El horario recibido fue el siguiente:

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

DIA	GRUPO	7:15-8:05	8:05-8:55	8:55-9:45	10:20-11:10	11:10-12:00	12:20-13:10	13:10-14:00	14:00-14:50
LUNES	4A	GEOGRAFIA	MATEMATICAS	LABFIS/ORIEN	FISICA	FORMACIÓN	LENGUA	LABFIS/ORIEN	
	4B	LABFIS/ORIEN	GEOGRAFIA	MATEMATICAS	LENGUA	FISICA	LABFIS/ORIEN	FORMACION	HISTORIA
	4C	MATEMATICAS	INGLES	GEOGRAFIA	HISTORIA	DESARROLLO	FORMACION	LENGUA	FISICA
	5A	SALUD	HISMEX	INGLES	ETIMOLOGIAS	MATEMATICAS	BIOLOGIA	QUIMICA	LITUNI
	5B	BIOLOGIA	SALUD	HISMEX	MATEMATICAS	INGLES	ETIMOLOGIAS	LABSAL/ORIEN	QUIMICA
	5C	LITUNI	MATEMATICAS	LABSAL/ORIEN	BIOLOGIA	ETIMOLOGIAS	INGLES	HISMEX	DESARROLLO
	A1	MATEMATICAS	LITERATURA	TSM	INGLES	DERECHO	QUIMICA	DC	DC
	A2	FISICA	LABQUI/BIO	QUIMICA	DERECHO	LITERATURA	MATEMATICAS	BIOLOGIA	MORFO
	A3	CGA	DERECHO	PSPEM	LITERATURA	IECSE	ESTADISTICA	MATEMATICAS	
	A4	INGLES	FORMACION	DERECHO	IECSE	REVMEX	HC	LATIN	MATEMATICAS
MARTES	4A	INGLES	GEOGRAFIA	LENGUA	MATEMATICAS	LOGICA	DIB/INF	FISICA	HISTORIA
	4B	MATEMATICAS	INGLES	GEOGRAFIA	DIB/INF	DIB/INF	DESARROLLO	LENGUA	LOGICA
	4C	DIB/INF	DIB/INF	MATEMATICAS	LENGUA	FISICA	HISTORIA	LOGICA	LABFIS/ORIEN
	5A	DESARROLLO	LABSAL/ORIEN	ETICA	BIOLOGIA	HISMEX	INGLES	LABSAL/ORIEN	MATEMATICAS
	5B	SALUD	ETICA	MATEMATICAS	HISMEX	LABSAL/ORIEN	BIOLOGIA	QUIMICA	
	5C	LABQUI/BIO	LABQUI/BIO	HISMEX	MATEMATICAS	BIOLOGIA	INVESTIGACION	INGLES	LITUNI
	A1	MATEMATICAS	LITERATURA	FISICA	PSICOLOGIA	INGLES	LABFIS/QUIM	EDUC.FIS	EDUC.FIS
	A2	FISICA	EDUC.FIS	EDUC.FIS	INVESTIGACION	PSICOLOGIA	MATEMATICAS	LITERATURA	INGLES
	A3	GEOGRAFIA	ESTADISTICA	INGLES	EDUC.FIS	EDUC.FIS	PSICOLOGIA	MATEMATICAS	FORMACION
	A4	LATIN	HC	PSICOLOGIA	INGLES	MATEMATICAS	HDF	EDUC.FIS	EDUC.FIS
MIERCOLES	4A	DIB/INF	DESARROLLO	LENGUA	INGLES	MATEMATICAS	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	
	4B	LENGUA	MATEMATICAS	FISICA	LOGICA	INGLES	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	
	4C	FISICA	INGLES	MATEMATICAS	LENGUA	LOGICA	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	
	5A	MATEMATICAS	SALUD	INGLES	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	LITUNI	BIOLOGIA	
	5B	LABQUI/BIO	MATEMATICAS	LABQUI/BIO	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	QUIMICA	INGLES	LITUNI
	5C	FORMACION	BIOLOGIA	MATEMATICAS	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	ETICA	QUIMICA	SALUD
	A1	INVESTIGACION	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	TSM	DESARROLLO	FISICA	PSICOLOGIA	MATEMATICAS
	A2	LAB.FISICA	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	QUIMICA	BIOLOGIA	INGLES	MATEMATICAS	PSICOLOGIA
	A3	GEOGRAFIA	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	PSICOLOGIA	CGA	MATEMATICAS	PSPEM	INGLES
	A4	INGLES	ACT.ESTETICAS	ACT.ESTETICAS	DESARROLLO	MATEMATICAS	PSICOLOGIA	LITERATURA	
JUEVES	4A	DIB/INF	FISICA	DIB/INF	HISTORIA	EDUC.FIS	LENGUA	MATEMATICAS	LOGICA
	4B	HISTORIA	GEOGRAFIA	LENGUA	DIB/INF	FISICA	DIB/INF	EFP	MATEMATICAS
	4C	LABFIS/ORIEN	HISTORIA	GEOGRAFIA	LOGICA	DIB/INF	MATEMATICAS	LENGUA	DIB/INF
	5A	LABQUI/BIO	EFP	MATEMATICAS	EDUC.FIS	ETICA	LABQUI/BIO	SALUD	QUIMICA
	5B	INVESTIGACION	FORMACION	HISMEX	MATEMATICAS	BIOLOGIA	ETICA	LITUNI	DESARROLLO

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

	5C	ETICA	LABSAL/ ORIEN	SALUD		QUIMICA	MATEMATICAS		EFP	HISMEX	
	A1	MATEMATICAS	TSM	LABFIS/QUI		FISICA	DERECHO		PSICOLOGIA	QUIMICA	
	A2	FISICA	LABQUI/B IO	DESARROLLO		DERECHO	PSICOLOGIA		MATEMATICAS	BIOLOGIA	MORFO
	A3	IECSE	DERECHO	LITERATURA		INVESTIGACION	ESTADISTICA		CGA	MATEMATICAS	PSICOLOGIA
	A4	LITERATURA	HDF	DERECHO		PSICOLOGIA	REVMEX		INVESTIGACION	IECSE	MATEMATICAS
VIERNES	4A	EDUC. EST ETICA	GEOGRAFIA	LOGICA		INGLES	MATEMATICAS		LENGUA	EFP	HISTORIA
	4B	EDUC. EST ETICA	INGLES	LENGUA		LOGICA	EDUC. FIS		HISTORIA	MATEMATICAS	
	4C	EDUC. EST ETICA	MATEMATICAS	GEOGRAFIA		EDUC. FIS	LENGUA		EFP	INGLES	
	5A	MATEMATICAS	EDUC. EST ETICA	QUIMICA		HISMEX	ETIMOLOGIAS		FORMACION	INVESTIGACION	LITUNI
	5B	EFP	EDUC. EST ETICA	MATEMATICAS		ETIMOLOGIAS	INGLES		SALUD	LITUNI	EDUC. FIS
	5C	QUIMICA	EDUC. EST ETICA	EDUC. FIS		MATEMATICAS	SALUD		LITUNI	ETIMOLOGIAS	INGLES
	A1	DC	DC	INGLES		LITERATURA	MATEMATICAS		LAB. PSICO	QUIMICA	FORMACION
	A2	INGLES	LITERATURA	MORFO		QUIMICA	LAB. PSICO		MATEMATICAS	FORMACION	LAB. MORFO
	A3	LITERATURA	IECSE	LAB. PSICO		DESARROLLO	GEOGRAFIA		INGLES	MATEMATICAS	PSPEM
	A4	IECSE	HDF	LITERATURA		LAB. PSICO	REVMEX		LATIN	HC	MATEMATICAS

Tabla 14: Horario ya existente

ANEXO 4. DICCIONARIO DE DATOS DEL SISTEMA.

Dentro del sistema la información que perdura se almacena en diversas tablas que son:

Mh_profesores en la cual se almacenan los profesores y sus disponibilidades en los siguientes campos:

- *nombre_profesor*, *apellido_paterno* y *apellido_materno* cuyos valores son cadenas de texto
- *json_disponibilidad* que contiene un arreglo de días y horas cuyos valores son binarios, es decir 0 o 1, y está almacenada como una cadena de texto json.

En **mh_grado**, en esta tabla los datos que se almacenan son los nombres de los grados en el campo *nombre_grado* el cual es una cadena de texto y el número de grupos por grado es un valor entero que se almacena en *numero_grupos*.

En **mh_user** se almacenan los usuarios y sus contraseñas en los campos *user_name* y *password* respectivamente, ambos como texto, pero en el caso del caso del password es pasado por la función criptográfica md5 (message digest algorithm 5).

Por último en la tabla **mh_profesores** en la cual están almacenados:

- *nombre_materia* y *abreviatura*, que son cadenas de texto por las cuales se identifica la materia
- *horas_semana* y *max_hora_dia*, que son valores enteros que indican el total de horas a la semana que se debe impartir una materia y el máximo de horas al día que se puede impartir de la materia, respectivamente.

SISTEMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE HORARIOS EN UNA PREPARATORIA PARTICULAR

- *Id_profesor* y *doble*, son valores enteros que son la referencia a la tabla *mh_profesores*, de aquellos profesores que imparten la materia
- *Id_grado* este valor entero es la referencia a la tabla *mh_grados*, para el grado al que corresponde esa materia.