

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

**PROGRAMACIÓN DE HORARIOS Y ASIGNACIÓN DE SALONES EN UNA
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de

Magíster en Gerencia de Operaciones
(Modalidad de profundización)

CLAUDIA LILIAN BARRIGA BARRIGA

Director:

Jairo R. Montoya Torres

Co - directora:

Lorena S. Reyes Rubiano

Presentado públicamente el día 14 del mes de Octubre de 2016

Jurado:

Angélica Sarmiento Lapesqueur

Camilo Torres Ovalle

Universidad de La Sabana
Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas
Chía, Colombia
2016

Dedicada a

Mi hija Ana Sofía

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	5
ANEXOS.....	6
1. PROBLEMA Y PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.1. Problema de la investigación.....	7
1.2. Pregunta de la investigación.....	8
1.3. Objetivo general	8
1.4. Objetivos específicos.....	8
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
3. ACERCAMIENTO AL PROBLEMA EN UNITEC	23
3.1. Generalidades institucionales de UNITEC.....	23
3.2. Alcance propuesto	31
4. METODOLOGÍA Y SOLUCIÓN PROPUESTA	33
4.1. Recolección de datos y proyección	33
4.2. Restricciones generales	37
4.3. Modelo matemático.....	37
4.4. Flujo del proceso para aplicar el modelo matemático	40
4.5. Resultados	42
4.6. Solución propuesta	42
5. CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las características de los horarios de examen, colegio y universidad.	10
Tabla 2. Trabajos de grado consultados con el problema de Timetabling.	13
Tabla 3. Distribución de área de las instalaciones de UNITEC.	24
Tabla 4. Programas académicos ofrecidos por UNITEC.	26
Tabla 5. Estudiantes matriculados 2015–1 con porcentaje de participación.....	27
Tabla 6. Franjas diurnas y nocturnas.....	32
Tabla 7. Profesores seleccionados para realizar el modelo	34
Tabla 8. Lista de Materias seleccionadas	35
Tabla 9. Distribución de materias por programa, jornada y semestre	35
Tabla 10. Aulas y Laboratorios del modelo	36
Tabla 11. Comparación Horario real Vs Horario propuesto profesor 1	44
Tabla 12. Horario original del profesor 1 para el periodo lectivo 2015-1.....	46
Tabla 13. Propuesta de Horario para el profesor 1 con base al resultado del modelo matemático ...	47
Tabla 14. Comparación Horario real Vs Horario propuesto profesor 2	48
Tabla 15. Horario original del profesor 2 para el periodo lectivo 2015-1.....	50
Tabla 16. Propuesta de Horario para el profesor 2 con base al resultado del modelo matemático. ..	51
Tabla 17. Horario original del profesor 3 para el periodo lectivo 2015-1.....	52
Tabla 18. Propuesta de Horario para el profesor 3 con base al resultado del modelo matemático. ..	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Sedes UNITEC.....	24
Ilustración 2. Mapa de las sedes de UNITEC.	25
Ilustración 3. Flujograma del proceso de programación de horarios y asignación de salones en UNITEC.	30
Ilustración 4. Flujograma del proceso de ejecución del modelo	41

ANEXOS

ANEXO 1 Modelo 1 (modelo en GAMS)

1. PROBLEMA Y PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

La programación de horarios y asignación de salones es uno de los procesos que se realizan periódicamente en las instituciones universitarias al inicio de cada periodo académico (semestre, trimestre, etc.). Esta labor incluye recursos fijos y variables que se tienen en cuenta para que en conjunto se logre la finalidad deseada y optimizar tiempo y espacio. Algunos de los posibles elementos que intervienen en este proceso son:

- **Aulas y laboratorios especializados:** siendo los espacios para programar las materias, las aulas cuentan con los elementos básicos como tablero, sillas y posiblemente televisor y los laboratorios especializados donde se encuentran elementos particulares y específicos para poder cumplir con los requerimientos de algunas materias determinadas. Por tanto para programarlas, se debe contar con las características de cada una, con su respectiva capacidad (en sillas por estudiante), disponibilidad y ubicación en el espacio geográfico.
- **Plan de estudio,** conformado por la malla curricular, la cual exige cumplir con un orden estricto y en algunos casos con prerrequisitos, de acuerdo con el semestre y el número de créditos, lo que lleva a la definición de horas semanales. También puede abarcar las materias extracurriculares y transversales, las cuales son programadas de forma general para áreas específicas.
- **Docentes,** los cuales pueden ser de tiempo completo, medio tiempo y cátedra.
- **Estudiantes,** quienes constituyen el grupo más influyente; participan en número y definen el tamaño de los cursos para asignar salones. La demanda real de estudiantes para una determinada asignatura es quizás el elemento más difícil de proyectar: se deben tener en cuenta alumnos que están completos en el semestre, repitentes y homologantes que generalmente están repartidos por diferentes semestres y materias, de acuerdo con la circunstancia.

Con las observaciones anteriores, las instituciones universitarias deben programar horarios y asignar salones, evitando el “cruce” de materias, salones y docentes, optimizando el tiempo y los espacios físicos. La optimización de espacios hace referencia a utilizar la mayor cantidad de aulas posibles, en un periodo de tiempo, presupuestando la cantidad apropiada de estudiantes a cada una, evitando la sub- o sobre-utilización de las mismas, al igual que asignar los elementos especializados o de audiovisuales correspondiente a las necesidades de la materia.

La optimización de los tiempos lleva a programar los horarios apropiados tanto para el docente y sus responsabilidades académico-administrativas y de investigación, como para los estudiantes de forma tal que las materias de un semestre completo no cuenten con lapsos de tiempo muy prolongados sin clase, ni días donde solo asistan a la institución por una clase.

Ante los avances informáticos, existen aplicaciones especializadas para esta tarea, pero presentan aún inconsistencias en los resultados, según el análisis realizado por Mejía Caballero (2010). Esto ocasiona que al final del proceso, se realice manualmente una revisión y modificación de los mismos, para poder cumplir con las necesidades de la institución, los estudiantes y los docentes.

Como se verá más adelante en este documento, en la literatura académica se evidencia un gran interés por parte de investigadores en estudiar el problema de programación de horarios y asignación de aulas de clase. La principal motivación para ello está relacionada con las particularidades de cada

institución educativa que hacen virtualmente imposible diseñar un único modelo de optimización aplicable a cualquier caso de programación de horarios de clase, a pesar de las características básicas del problema.

Esta investigación, se enfocará exclusivamente en la Corporación Universitaria UNITEC, cuya particularidad es contar con varias sedes distribuidas en el barrio El Lago de Bogotá, lo que genera desplazamientos dependiendo la programación de horarios y asignación de salones.

1.2. Pregunta de la investigación

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, despierta la intención de generar un modelo que permita abarcar los componentes necesarios e identificar las restricciones para optimizar el proceso de programación de horarios y asignación de salones para una institución de educación superior con múltiples sedes localizadas en la ciudad de Bogotá.

Por tanto la pregunta base de esta investigación es: ¿en qué medida un modelo formal de optimización permite mejorar el proceso de programación de clases y asignación de salones en una institución universitaria?

1.3. Objetivo general

Definir un modelo que permita optimizar el proceso de programación de horarios y asignación de salones en los programas correspondientes a una escuela específica en una institución universitaria con múltiples sedes.

1.4. Objetivos específicos

- Caracterizar el proceso actual de programación de horarios y asignación de salones en una institución universitaria con el fin de identificar los elementos clave que permitan su mejoramiento a través de modelos de optimización.
- Diseñar un modelo matemático que permita optimizar los indicadores clave del proceso de programación de clases y asignación de salones a nivel universitario.
- Desarrollar un método de resolución del modelo matemático con miras a validar su pertinencia y aplicabilidad para la programación de clases universitarias.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La programación de horarios y asignación de salones es un problema muy común en las instituciones educativas de cualquier índole, ya que incluye un vasto número de restricciones que hacen que el proceso sea complejo para su ejecución. Al ser un problema común de variadas instituciones, se convirtió en tema de investigación y análisis, el cual se ha denominado *timetabling* o programación horaria. Según Schaerf (1999), de acuerdo con las investigaciones realizadas en este tema, los problemas de *Timetabling*, en general, se pueden ver como variaciones de:

- Problemas de búsqueda (Search Problems): buscan una tabla de horarios que solucione el problema cumpliendo las restricciones importantes.
- Problemas de optimización (Optimization Problems): intentan optimizar la tabla de horarios para cumplir las restricciones.

Este problema de asignación, que cuenta con múltiples variables, permite la programación de varios eventos simultáneos, teniendo en cuenta las condiciones, requerimientos y exigencias de sus componentes físicos, humanos y de tiempo. Esto nos lleva a identificar que no es solo un problema de organización de clases y salones, sino que lleva implícitas variables que hacen que el proceso sea aún más complejo y genere varias opciones de solución, no solo programar y asignar, sino hacer el mejor uso de los espacios y tiempos.

Se incorpora el beneficio que se logra al disminuir el tiempo de elaboración de horarios y asignación de aulas a las personas responsables de dichas tareas, permitiéndoles así, programar su jornada laboral en otras actividades propias de su cargo. De tal manera que la comunidad académica en general es beneficiada con la optimización de los procesos.

Schaerf (1999), indica que dentro de este tema existe una rama específica que estudia lo relacionado con la programación horaria para entidades educativas, conocida como *Class Scheduling*, que en su contexto se divide en tres tipos de problema, a saber:

- Programación de horarios de evaluaciones y exámenes (Examination Timetabling, ETT), el cual se encarga de asignar horarios a los exámenes de evaluación de conocimiento, definiendo salones y tiempo para la realización de los mismos. Su programación se realiza posterior a la inscripción de los estudiantes. Se puede programar en dos ubicaciones a la vez y dos exámenes pueden compartir la ubicación. Este caso puede ser más complejo, ya que cuenta con las variaciones de distribución de los estudiantes (Sectioning Timetabling), distribución por unidades organizativas, como por ejemplo los departamentos (Distributed Timetabling) o creación de horarios interactivos (Interactive Timetabling)
- Programación de horarios de clases para colegios (School Course Timetabling): considera el horario semanal de acuerdo con la cantidad de periodos de una asignatura, para un grupo exacto de estudiantes con una cantidad exacta de sesiones por profesor.
- Programación de horarios de clases para instituciones de educación superior o universidades (University Course Timetabling, UTT): contempla la variabilidad de tamaños diferentes de cursos, salones con diferente capacidad y requerimientos educativos, profesores con carga académica más amplia y periodos diferentes de sesiones de clase. Se realiza la programación anterior a la inscripción o matrícula de los estudiantes. Este problema se divide en dos opciones:

la primera basada en plan de estudios (Curriculum Based Course Timetabling CB-CTT) en el cual los horarios se planean de acuerdo con el plan de estudios, por lo cual está conformado por grupos o módulos y no es posible que se crucen al mismo tiempo; la segunda basada en la matrícula (Post Enrollment Course Timetabling, PE-CTT) en este caso los horarios se programan de acuerdo con lo requerido por los estudiantes matriculados, por tanto los horarios se elaboran después de realizadas las matrículas o inscripciones.

La tabla 1 presenta la diferencia de los tres tipos de asignación, de acuerdo a sus características y elementos.

Tabla 1. Comparación de las características de los horarios de examen, colegio y universidad.

ELEMENTO	EXAMEN	COLEGIO	UNIVERSIDAD
Salón	Exclusivo para la acción	Capacidad definida y estándar	Varía de acuerdo con la necesidad
Docente	Uno por salón sin especificidad	Por área de conocimiento	Aplica a varias materias y varios programas. Relativo a: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo completo • Medio tiempo • Cátedra
Estudiantes	Se conoce la cantidad	Es el mismo grupo en todas las clases	La cantidad varía según la materia y la situación particular de cada estudiante
Sesiones	Específicas y únicas	Según la materia Programación académica del colegio	De acuerdo con los créditos de cada materia
Periodo de tiempo	Según la sesión	Anual	Semestral
Plan de estudios	Único. Sin plan de estudios	Depende del nivel académico	Relativo a: Malla curricular: Materia <ul style="list-style-type: none"> • Normal • Prerrequisito • Transversal Estudiante: <ul style="list-style-type: none"> • Semestre completo • Repitente • Homologante • Transferencia

Fuente: Elaboración propia

Pavón et al. (2013) hacen referencia a una definición de Burke, Kingston y Werra (2004): “Un problema de horarios es un problema con cuatro parámetros: T, un conjunto finito de espacios de tiempo; R, un conjunto finito de recursos; M, un conjunto finito de reuniones y C, un conjunto finito de restricciones. El problema es la asignación de espacios de tiempo y recursos a las reuniones con el fin de satisfacer las restricciones en la medida de lo posible”.

Existen algunos conceptos importantes de identificar, relacionados con el problema de Timetabling, que se encuentran en la literatura propia, los cuales Pavón et al. (2013) clasifican de la siguiente manera:

Conceptos temporales:

- Día: identifica los días en los que se asignarán las actividades.
- Franja horaria: es la división del día, por ejemplo por horas, 7:00, 8:00, 9:00, etc.
- Periodo: Es la combinación del día y la franja horaria.

Son temporales porque se pueden definir patrones por periodos de acuerdo a las cantidad de horas con que cuente la materia, por ejemplo una materia con 4 horas puede ser programada 2 horas el lunes y 2 horas el miércoles o 3 horas el lunes y 1 hora el miércoles.

Conceptos relacionados con personas:

- Estudiantes: alumnos inscritos en un programa de estudios en la institución universitaria.
- Profesores: personal docente e investigador o administrativo.

Conceptos espaciales:

- Espacio: hace referencia a salones, laboratorios con equipos especiales y capacidad, sedes, edificios, campus. Permite identificar requerimientos especiales de los espacios y ubicación para el desplazamiento.

Conceptos académicos:

- Plan de estudios: conjunto de materias establecidas para el programa que se cursa. Se agrupa por semestres, módulos, bloques o niveles.
- Asignatura: cursos que se imparten sobre un campo de conocimiento concreto para cada programa.
- Grupo: es la partición que se realiza para definir capacidad. Puede ser por semestre o grupos por semestre.
- Lecturas/exámenes: la asignatura se divide en diferentes eventos educativos que son impartidos por un profesor, en un espacio y durante un periodo determinado.

Instancia: es donde se configuran los parámetros iniciales, que son los conceptos indicados anteriormente y sus valores, al igual que las restricciones que se deben cumplir para encontrar la solución.

Identificada la clasificación y los conceptos de *Timetabling*, aparecen las restricciones, las cuales hacen referencia a las condiciones que debe cumplir cada uno de los componentes de espacio,

personas, tiempo, etc., para considerar que el problema ha sido resuelto de manera óptima. Generalmente estas restricciones están definidas por directrices específicas de la institución y disponibilidad de los recursos que intervienen.

Según Hernández et al. (2008) existen varios tipos de requerimientos, los cuales se clasifican de acuerdo con la necesidad de ser satisfechas simultáneamente y si son obligatorias de cumplir. Cuando son obligatorias y no se pueden incumplir se conocen como restricciones duras y cuando no son obligatorias ni críticas pero si deseables son restricciones blandas.

Las soluciones que no violan ninguna restricción dura son llamadas factibles (*feasible solutions*) y las soluciones viables que además cumplen las restricciones débiles son llamadas soluciones óptimas (*optimal solutions*). Esto indica que según la naturaleza, las restricciones pueden clasificarse en:

- Restricciones unitarias: son las que involucran un solo evento.
- Restricciones binarias: involucran dos eventos, por ejemplo docente y salón.
- Restricciones de capacidad: corresponden al tamaño de los salones y su capacidad.
- Restricciones de separación de eventos: referentes a la programación, respetando periodos o políticas institucionales de patrones de no existencia de vacíos entre periodos de clase.
- Restricciones asociadas a los agentes: se refiere a las condiciones o preferencias de los profesores en algunos periodos específicos.

Al identificar la variedad de restricciones que existen, se puede corroborar que cada problema *timetabling* toma para su aplicación las restricciones involucradas en el proceso y en la solución del mismo.

Con lo anterior podemos comparar algunas investigaciones realizadas en torno al *timetabling*, permitiendo así identificar algunas de las soluciones propuestas de acuerdo a las expectativas formuladas. En la tabla 2, encontramos esta comparación, definiendo:

Nombre y año: autor y año de la investigación.

Elementos: Componentes utilizados, software y equipos.

Proceso: Programas y lenguajes de programación utilizados

Resultados: conclusiones obtenidas del método aplicado.

Tabla 2. Trabajos de grado consultados con el problema de *Timetabling*.

AUTOR / AÑO	ELEMENTOS	PROCESO	RESULTADO
Sutar y Bichkar (2012)	<p>Algoritmo Genético</p> <p>VARIABLES UTILIZADAS:</p> <p>180 estudiantes, 60 profesores y 120 sujetos, 5 salas de conferencias.</p> <p>La propuesta se ejecuta en Microsoft Visual Studio 2008, utilizando lenguaje programación VC ++.</p> <p>Configuración del sistema es de 32 bits, sistema operativo Windows con 1.84GHz mínimo con procesador de doble núcleo.</p>	<p>Aplicando problemas complejos de optimización 3 y crossover.</p> <p>Cada entidad en la población representará un cromosoma y cada cromosoma constará de genes a agruparse para representar un periodo.</p>	<p>El prototipo diseñado utiliza los recursos requeridos pero no logra optimizar el tiempo del profesor, asignándole el número máximo de sesiones en una semana. Por lo que indican que el 100% de optimización de los recursos no es suficiente.</p>
Mejía y Paternina (2010)	<p>Algoritmo evolutivo</p> <p>5 días, 7 periodos al día, periodos de 90 minutos. Cada materia de 1 a 3 periodos semanales. 10 semestres.</p> <p>7 materias por semestre.</p> <p>2 jornadas 6:30 a 12:30 y 18 a 22:30</p>	<p>Obtener una programación de horario para cada asignatura, considerando cada restricción del problema para maximizar el número total de periodos asignados en espacios de tiempo deseados.</p>	<p>El Software compila en tiempo computacional razonable, resolviendo la función objetivo por medio de algoritmos evolutivos que evitan el cruce.</p> <p>Halla el objetivo general de encontrar una solución por medio de un procedimiento de optimización metaheurístico al problema de asignación de horarios y salones.</p>

AUTOR / AÑO	ELEMENTOS	PROCESO	RESULTADO
	Se desarrolla software en Visual Basic con base de datos Access, que guarda gran cantidad de datos.		Utiliza programación de horarios compactos para evitar tiempos muertos entre clases, evitando así el desplazamiento de los estudiantes.
Saldaña, Oliva y Pradenas (2007)	<p>Métodos programados en Microsoft Visual C++ 6.0 y librerías de resolución para problemas de programación lineal entera ILOG CPLEX 9.0.</p> <p>Computador Athlon 64 doble núcleo con un procesador de 2200 MHz y 2 MB en RAM.</p> <p>Se crean 10 instancias a partir de datos reales de la facultad, para el primer semestre del año 2006.</p> <p>Las primeras instancias creadas son un subconjunto del problema completo que involucra</p> <p>177 asignaturas</p> <p>72 grupos</p> <p>72 profesores</p> <p>13 periodos por día</p> <p>5 días</p>	<p>Formulan dos modelos de programación lineal entera.</p> <p>El objetivo es minimizar la asignación en periodos no deseados, balanceando la carga de trabajo diario para cada grupo de alumnos.</p> <p>Combinan modelos de asignación directa a aulas o asignación a tipos de aulas. Las estrategias de solución que consideran relajación de restricciones, utilizando pequeños tiempos computacionales.</p>	<p>Considerando el modelo básico, el modelo con tipos de aulas e incluyendo o no estrategia de relación, es posible generar 4 métodos distintos de resolución.</p> <p>Se observa que los modelos y métodos encuentran buenas soluciones pero a medida que el tamaño de cada problema aumenta, ocupa un alto tiempo computacional en encontrar una solución con GAP relativo. Resultados:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. TT (modelo inicial): instancia 4, la menos demorada con 4,47 segundos y la más demorada la 6 con aprox. 34 minutos. La instancia 7, 8, 9 y 10 no dieron resultado en 4 días. 2. TTA (modelo con tipos de aula): cuenta con menos variables y restricciones. En relación a los valores de la función objetivo, se concluye que la calidad de las soluciones en relación al número de periodos asignados en periodos no deseados es similar en instancias de menor tamaño. 3. TTR (modelo con relación de restricciones) Las variables y restricciones son menos, lo que

AUTOR / AÑO	ELEMENTOS	PROCESO	RESULTADO
	<p>38 aulas</p> <p>113 profesores</p> <p>26 asignaciones previas</p>		<p>genera menos tiempo computacional; pero en una segunda etapa, se genera un problema para cada día, existiendo 5 problemas por cada instancia.</p> <p>4. TTAR(modelo con tipo de estrategia y aulas): Observa que el tiempo computacional para resolver instancias pequeñas es similar al tiempo computacional utilizado en el método anterior en instancias pequeñas. Los tiempos computaciones de este método es más alto que el mencionado anteriormente.</p> <p>Los métodos generados permiten obtener horarios para cada grupo de alumnos, cada profesor y cada aula. La información obtenida permite el análisis de sensibilidad evaluando cada problema real, agregando o quitando recursos (profesores, aulas, materias).</p>
<p>Hernández y Miranda (2008)</p>	<p>Modelado con GAMS 22.5 y resuelto mediante el solver CPLEX 10.0 en un ordenador con procesador Intel Centrino Duo de 1.83 GHZ con 2 GB de memoria RAM</p> <p>4 programas de pregrado.</p> <p>Ing. Civil Industrial</p>	<p>Los requerimientos suaves se incorporaron dentro de la función objetivo, minimizando la cantidad de veces que no se cumple, evitando así penalización.</p> <p>Consideran una unidad de modelamiento básico a (par) curso-sección, lo cual corresponde a una sección del curso.</p>	<p>La idea es que el modelo decida programar o no las clases de cátedra o auxiliares de un curso-sección directamente de un patrón horario – salas (HS) sin identificar cada una de las clases de un curso-sección en una variable distinta, sino asignándolas todas como un conjunto al patrón, lo que permite asignar las clases de cátedra de un curso en la misma sala y los bloques horarios asignados corresponden a una de las combinaciones definidas</p>

AUTOR / AÑO	ELEMENTOS	PROCESO	RESULTADO
	<p>Ing. Civil en Computación</p> <p>Ing. Civil en Obras Civiles</p> <p>Ing. en Construcción. Las tres primeras con 12 semestres y la última 10 semestres.</p> <p>200 cursos</p> <p>Clase de cátedra y auxiliares.</p> <p>45 salas definidas por la capacidad máxima de alumnos. normales, laboratorio de física, laboratorio de computación, laboratorio de obras civiles, laboratorio de simulación de procesos y un auditorio</p> <p>150 profesores cátedra</p> <p>100 profesores auxiliares.</p> <p>Lunes a viernes con sesiones de hora y media</p> <p>6 bloques diarios</p> <p>284.766 variables de decisión</p> <p>13.185 restricciones</p>	<p>El modelo asigna de manera conjunta todas las clases de cátedra o auxiliares de un curso-sección correspondiente a la semana.</p> <p>Se definen combinaciones de bloques horarios – salas factibles, las cuales corresponden a agrupaciones de pares (bloque horario, sala) que llaman patrones horarios-salas (HS).</p>	<p>por la facultad, las cuales están implícitas en las variables.</p> <p>La solución entregada por el sistema no cumplía las condiciones deseables para la operatividad normal de la institución. Este modelo no podrá alcanzar un 100% debido a que la cantidad de salas de clase de la facultad no puede albergar a todos los cursos que tienen las clases auxiliares en un día.</p> <p>El modelo propuesto asigna todos los cursos a un patrón establecido, no permite que un curso sea asignado a salas diferentes, no permite la asignación de dos o más cursos a una misma sala de clase en un bloque horario y genera siempre al menos una combinación factible para los cursos de un semestre particular.</p> <p>El tiempo empleado en el sistema manual duraba un mes y con el modelo propuesto pasa a dos minutos. Esta mejora da la solución óptima en corto tiempo, genera múltiples escenarios y la posibilidad de reaccionar ante eventos inesperados como es la incorporación de nuevos cursos sobre la marcha.</p>

AUTOR / AÑO	ELEMENTOS	PROCESO	RESULTADO
Moreno (2011)	<p>Herramienta colaborativa desarrollada en lenguaje de programación JAVA 5, frameworks como: sean, java server faces (JSF), Enterprise Java Beans (EJB 3.0) e informix como motor base de datos.</p> <p>Tiene en cuenta la sede principal de la universidad, incluyendo medicina.</p> <p>Aplica la metodología de modelo de construcción de prototipos.</p>	<p>El diseño se realizó mediante modelos UML (lenguaje de Modelado unificado) donde incluye los diagramas de clases, de actividades, de entidad – relación, empleando la herramienta Enterprise Architect.</p> <p>Inicialmente se definieron los tipos de asignación de aulas a saber: total en aulas del campus, total en aulas de escuela, parcial de aulas del</p> <p>Realiza la revisión de requerimientos, el diseño e implementación de la aplicación, pruebas y ajustes.</p>	<p>La herramienta de asignación automática de aulas permite reemplazar la metodología manual que se utilizaba, reduce tiempos de definición de cursos en periodos semestrales, pero aún quedan clases que deben programarse manualmente.</p>
Torres (2013)	<p>El desarrollo de las dos fases del modelo se realizó a través del sistema general de modelaje algebraico (GAMS), versión 21.1.</p> <p>Se utilizó un computador personal con procesador Intel ® Core™ 2 Duo con memoria RAM de 8 GB.</p> <p>Trabaja para el 2012 – 1 en la Universidad de La Sabana con 6 programas académicos de pregrado de la EICEA y 4</p>	<p>La función objetivo es minimizar la suma de todas las posibles asignaciones multiplicada por la matriz de costo de las franjas horarias. Representa la ponderación que tiene cada franja en cada materia según la preferencia de los docentes. El proceso se desarrolló en dos fases:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Busca encontrar en qué franja horaria asignar cada materia 	<p>Inicialmente se programaron los programas con menor cantidad de grupos, al crecer por cantidad de grupos, se resuelve por semestre, pero en los programas de Administración de empresas, negocios internacionales e ingeniería agroindustrial la solución fue interrumpida por la cantidad de iteraciones, ya que el software no cuenta con los recursos suficientes, por lo que en este caso el modelo no tiene solución factible así que se decide relajar el problema y aplicarlo por programas.</p>

AUTOR / AÑO	ELEMENTOS	PROCESO	RESULTADO
	<p>programas de la Facultad de ingeniería con 415 asignaturas, 3.042 estudiantes, 47 salones, 36 profesores, se tiene claro el número de grupos por semestre y la cantidad de estudiantes por grupo. Cuentan con 64 franjas horarias de lunes a jueves de 7am a 6pm y viernes y sábado de 7am a 2 pm.</p>	<p>cumpliendo con las restricciones propuestas, define cuáles materias se deben programar en bloque.</p> <p>2. Se adiciona la restricción de dictar las franjas de una misma clase (bloque) en un mismo salón.</p> <p>Se elaboró una matriz de ponderación de horas para dar peso a las horas del día más deseables para dictar clase. La ponderación más baja para las horas más deseables, dejando vacía la franja del medio día.</p>	<p>Se identificó que la capacidad instalada que se tuvo en cuenta es mayor que la que se requiere.</p> <p>Este proceso permite reducir en un 19.5% la cantidad de horas semanales a programar, pasando de 2066 a 1727 horas, esta reducción impacta el uso de recursos, ya que la demanda de salones y de docentes disminuye y las materias de este tipo que logren consolidarse podrían programarse con los docentes de planta.</p>
Pavón (2013)	<p>La Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), está formada por 23 escuelas y facultades distribuidas en 8 ciudades catalanas. Con 69 programas de pregrado, 62 programas de maestría y 48 programas de doctorado. 32.000 estudiantes (entre grado, maestría y doctorado) con 2.600 profesores investigadores y 1.500 trabajadores de administración y</p>	<p>El estudio está dividido en dos partes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudio de herramientas y algoritmos de <i>timetabling</i> universitario: tiene como objetivo obtener una visión general de los algoritmos y la obtención de las funcionalidades comunes de las herramientas del mercado. • Estudio del <i>timetabling</i> universitario en la UPC: tiene como objetivo el estudio del 	<p>Realizan una análisis cualitativo para identificar la funcionalidad de los software existentes, así:</p> <ul style="list-style-type: none"> Funcionalidades para la gestión de horarios. Generación automática de horarios. Generación automática de calendario de exámenes. Modificación manual de tablas de horarios. Gestión de espacios (aulas y laboratorios), sus características (equipamientos) y disponibilidad. Aviso de incoherencias (asignaturas / profesores / espacios). Propuesta de soluciones a incoherencias.

AUTOR / AÑO	ELEMENTOS	PROCESO	RESULTADO
	<p>servicios. Existen 42 departamentos docentes.</p> <p>No utiliza un sistema automático de gestión de horarios.</p> <p>Por tanto el tiempo que se dedica a la elaboración de los mismos, está entre uno y dos meses.</p>	<p>proceso de elaboración de tablas horarias para obtener los requerimientos y restricciones comunes que tienen.</p>	<p>Gestión de la disponibilidad de profesores.</p> <p>Visualización de horarios desde diferentes perspectivas (nivel y grupo, alumno, profesor).</p> <p>Planificación:</p> <p>Gestión del encargo docente (Determina las horas de docencia que los departamentos ofrecerán).</p> <p>Explotación y herramientas para el usuario.</p> <p>Acceso a la información vía Web.</p> <p>Simulación de horarios para alumnos (antes de la matrícula).</p> <p>Impresión de las tablas de horarios en diferentes formatos (PDF, EXCEL).</p> <p>Generación de informes ad hoc de los datos (Generador de consultas para hacer informes personalizados).</p> <p>Informes de la calidad de las tablas generadas.</p> <p>Análisis de la actividad docente en función de las tablas horarias (permite generar informes de la actividad docente de profesores y departamentos en horas y puntos a partir de los horarios)</p> <p>Inter-operatividad</p> <p>Exportación de datos a otros sistemas.</p>
Esquivel (2014)	<p>El modelo cuenta con:</p> <p>2 Sedes</p> <p>23 Grupos distribuidos por jornada mañana y tarde y sede 1 y 2</p>	<p>1. Identifica el sistema y recolecta datos. Inicialmente la cantidad de estudiantes y la conformación de grupos, con base a esto la cantidad de docentes necesarios.</p>	<p>El modelo busca optimizar de forma eficiente y eficaz el recurso humano de la institución educativa.</p> <p>La instancia 1 fue la única que obtuvo el óptimo global con el modelo planteado, las materias con</p>

AUTOR / AÑO	ELEMENTOS	PROCESO	RESULTADO
	<p>32 Profesores</p> <p>16 Asignaturas</p> <p>30 Periodos semana</p> <p>7 Jornada extendida</p> <p>5 Días</p> <p>8 Profesores compartidos</p> <p>Cada materia tiene su intensidad horaria por grado, junto con intensidad horaria del docente por sede.</p> <p>El problema se trabaja en programación lineal entera, modelado en lenguaje de programación LINGO 14.0.</p>	<p>2. Después de efectuadas las matrículas se define la carga académica y se determina la construcción del horario. Tiene en cuenta las restricciones duras y blandas, que corresponden a los requerimientos institucionales y los deseos y requerimientos de los docentes.</p> <p>3. Identifica los docentes compartidos por sedes por lo que se debe prever el traslado en el horario de clases y los docentes que laboran en jornadas extendidas, por lo que deben trabajar horas extras, lo que modifica el horario periódicamente.</p> <p>4. Esta investigación busca desarrollar un modelo matemático para la programación de horarios escolares de secundaria que satisfaga las restricciones, multi localización y necesidades del cuerpo docente.</p>	<p>intensidad igual o mayor a dos periodos semanales se programaron en bloque. La función objetivo penalizó 4 bloques; el excedente corresponde a asignaturas con intensidad horaria impar (3), las cuales se deben programar en un día un periodo.</p> <p>En la instancia 6 se analiza el modelo, determinando que se debieron crear otros grupos relacionados a docentes y materias.</p> <p>En el segundo análisis de sensibilidad la función objetivo solo hace referencia al traslado de los profesores compartidos.</p> <p>El software se ejecutó en 30 minutos y fue interrumpido. El valor de la función objetivo obtenido fue igual pero el tiempo de ejecución aumento.</p> <p>Se concluye que el modelo debe mantener valores fijos, como el de los profesores extendidos para que el modelo se ejecute correctamente y continuar la investigación para complementar el proceso.</p>

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las investigaciones consultadas, tanto trabajos de grado, como artículos de revistas académicas y casos de estudio, podemos encontrar que además de los elementos que componen las investigaciones, también se aplican diferentes técnicas para encontrar solución al problema de Timetabling, los cuales van en busca de la misma respuesta, pero enmarcados con lineamientos y condiciones diferentes, según las necesidades y recursos de cada institución. Para identificar algunas de las diferentes técnicas, se recurre a las clasificaciones nombradas por Pavón et al.(2013), así:

- a. **Técnicas matemáticas:** donde el problema se formula como notación basada en enteros utilizando integrales y programación lineal.
- b. **Técnica secuencial basada en grafos:** el problema se moldea como un grafo, donde los nodos son eventos y las aristas representan las restricciones, utilizando métodos heurísticos para determinar cuál es la mejor solución
- c. **Técnicas basadas en restricciones (constraint):** como la Constraint Logic Programming (CLP), que permite expresar de forma sencilla las restricciones de los problemas del Timetabling. Entre las técnicas más habituales están: backtracking, consistency technique, branch & bound.
- d. **Meta-heurísticos:** en un espacio de búsqueda encuentra una muy buena solución. En esta encontramos:
 - La técnica de búsqueda local, en la cual se realiza la búsqueda en un conjunto de resultados, siendo una función la encargada de determinar la mejor solución. Abdullah y Burke (2006), investigan esta técnica académicamente.
 - La búsqueda Tabú: busca las mejores opciones, teniendo presente que la primera iteración cuenta con el mejor resultado y las siguientes cada vez son peores, por lo que se consideran un Tabú.
 - Simulated Annealing: se base en la simulación del proceso de endurecimiento por enfriamiento. La búsqueda inicia de forma general y una variable de temperatura descarta las peores opciones con una función probabilística y el proceso termina cuando la temperatura llega a cero.
 - Algoritmo de búsqueda de vecinos (variable Neighbourhood search) son algoritmos que permiten ampliar el espacio de búsqueda basado en cambios de las soluciones parciales. Es estudiado por Abdullah y Burke (2006) quien crea algoritmos híbridos que explotan el espacio de búsqueda de soluciones.
 - Algoritmos Great Deluge: algoritmos que simulan lección de mejores soluciones con base a un tiempo límite.
 - Algoritmos GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure): combina un algoritmo voraz con algoritmos aleatorios y una lista de soluciones. Estudiado por Casey y Thompson (2003).
 - Algoritmos de búsqueda local iterativa: busca trayectorias óptimas sin modificar las soluciones parciales.
 - Algoritmos de Hill Climbing: busca soluciones haciendo cambios a la situación actual, e intenta seguir hasta que no presente mejoras.
 - Algoritmos basados en población:

- Algoritmos genéticos: simula mecanismos genéticos, codificando las soluciones como cromosomas. La idea es aplicar iteraciones para conseguir una evolución de la solución inicial.
 - Algoritmos meméticos: extienden algoritmos genéticos creando híbridos con algoritmos basados en búsqueda local. Puede ir mejorando durante su ciclo de vida pero no en generaciones posteriores.
 - Algoritmos de colonia de hormigas: simulan el proceso de las hormigas para llegar a la comida por el camino más corto.
- e. **Hyper-heurísticos:** es la combinación de diferentes técnicas y meta-heurísticos para llegar a solucionar el problema.
- f. **Técnicas de descomposición:** divide el problema en sub-problemas más sencillos para luego fusionarlos.

Pavón et al. (2013) también expresa la clasificación del Timetabling realizada por los estudios de Lewis (2007) de acuerdo a la forma en que se trabajan las restricciones, indicando que:

1. **Algoritmos de optimización de una etapa,** los cuales llegan a la solución que cumplen las condiciones fuertes y débiles simultáneamente. Utilizando una función de peso, ponderando con mayor peso las restricciones fuertes que las débiles y añadiendo un factor de prioridad entre los conjuntos.
2. **Algoritmos de optimización en dos etapas,** en donde las restricciones débiles intentan satisfacer si solo se ha llegado a una solución viable, es decir que existe una fase de construcción que no viola ninguna restricción fuerte y posteriormente se logra una fase para minimizar el número de restricciones débiles.
3. **Algoritmos de relajación:** las restricciones fuertes se cumplen por la relajación de algunas características del problema para satisfacer las restricciones débiles, teniendo en cuenta que después deben eliminarse las relajaciones, es decir, la solución relajada debe convertirse en una solución factible del problema original no relajado.

3. ACERCAMIENTO AL PROBLEMA EN UNITEC

El presente capítulo describe el proceso general de programación de horarios de clases en la institución universitaria bajo estudio. Inicialmente se describen las generalidades de la institución. Posteriormente se presenta el alcance del trabajo delimitando así el desarrollo de esta investigación.

3.1. Generalidades institucionales de UNITEC

El Proyecto Educativo Institucional (PEI), en la carta del Rector, escrita por el Señor Presidente Rector Carlos Fernando Parra Fierro, indica que UNITEC, fue fundada en 1977, ajustándose al mundo cambiante, replanteando permanentemente los postulados con los cuales se desarrolla la acción educativa. El crecimiento y consolidación en el contexto educativo nacional, pasando de institución tecnológica a universitaria e incursionando en los posgrados, ha permitido adquirir el conocimiento necesario para lograr los objetivos de excelencia y calidad en la formación de varias generaciones colombianas.

En el PEI, se expresa la misión de UNITEC: “contribuir al desarrollo universal del conocimiento, consolidando una comunidad universitaria de alta sensibilidad humana y social, orientada a la formación integral de personas que aporten a la solución de problemas del entorno, a partir de su liderazgo y actitud emprendedora”.

En el numeral 7 del PEI, encontramos los temas relacionados a la organización, administración y gestión, donde indica que la administración incorpora en su quehacer los procesos de planeación, evaluación y autorregulación, los cuales junto con el autocontrol se constituyen en herramientas de calidad, permitiendo que los procesos de la institución se enfoquen hacia el mejoramiento continuo, proporcionando a todos los estamentos de la comunidad universitaria, información útil y permanente derivada de un sistema de indicadores propios para la toma de decisiones y para la formulación y ejecución de planes de mejora.

Para el logro de la misión, UNITEC cuenta con 13.555,97 m² construidos, los cuales están distribuidos entre aulas, laboratorios, talleres, auditorios, bibliotecas, oficinas, área deportiva, cafeterías y otras zonas para uso de la comunidad académica.

Tabla 3. Distribución de área de las instalaciones de UNITEC.

ZONA	m ²
Aulas	4.171,46
Laboratorios	1.379,83
Talleres	692,46
Auditorios	1.140,90
Bibliotecas	526,08
Oficinas	1.791,77
Área deportiva	753,49
Cafetería	196,09
Sanitarios	442,25
Otros	2.461,64
Construida	13.555,97
Lote	8.316,68

Elaboración propia, a partir de los datos institucionales.

Fuente: Planta Física.

Estas áreas construidas cuentan con la particularidad de estar distribuidas en 9 sedes en el sector del Lago, en Bogotá, tal como se muestra en las ilustraciones 1 y 2. En estas sedes, UNITEC ofrece para el primer periodo de 2015, 10 programas tecnológicos, 10 universitarios y 1 especialización según se detalla en la Tabla 4.



Sede A

1. Financiera
2. Tesorería
3. Registro y Control
4. Auditorio Diógenes Parra
5. Sala de Edición y PostProducción
6. Oficinas Administrativas



Sede D

1. Sala de Profesores
2. Audiovisuales
3. Programa de Mercadeo
4. Cafetería
5. Salones



Sede F2

1. Biblioteca
2. Salones



Sede CENBI

1. Coordinación de Deporte y Cultura
2. Cancha Múltiple
3. Consultorio Médico
4. Consultorio Enfermería
4. Cafetería
5. Gimnasio
6. Salón de Aeróbicos
7. Salones de Juegos y TV
8. Sala de Música
9. Vestidores y Duchas



Sede E

1. Escuela de Artes y Ciencias de la Comunicación
2. Estudio de Televisión y Master
3. Sala de Profesores
4. Salas de Proyección
5. Biblioteca
6. Sala de Exposición
7. Salones
8. Cafetería
9. CRED



Sede F3

1. Coordinación de Emprendimiento
2. Coordinación de Idiomas
3. Consejería Estudiantil
4. Bienestar Universitario
5. Consultorios de Psicología
6. Cafetería
7. Sala de Profesores
8. Salones
9. Sala de Actuación
10. Plazoleta Central
11. Comedor
12. Oratorio



Sede C

1. Escuela de Ingeniería
2. Salas de Informática
3. Salas de Software Especializado
4. Lab. de Redes, Electrónica y Telecomunicaciones
5. Ciencias Básicas
6. Salas de Proyección
7. Sala de Profesores
8. Laboratorio de Física



Sede F

1. Escuela de Ciencias y Económicas y Administrativas
2. Sala de Profesores
3. Salas de Proyección
4. Estudio de Fotografía
5. Laboratorio de Revelado
6. Sala de Maquillaje
7. Salones
8. Cafetería

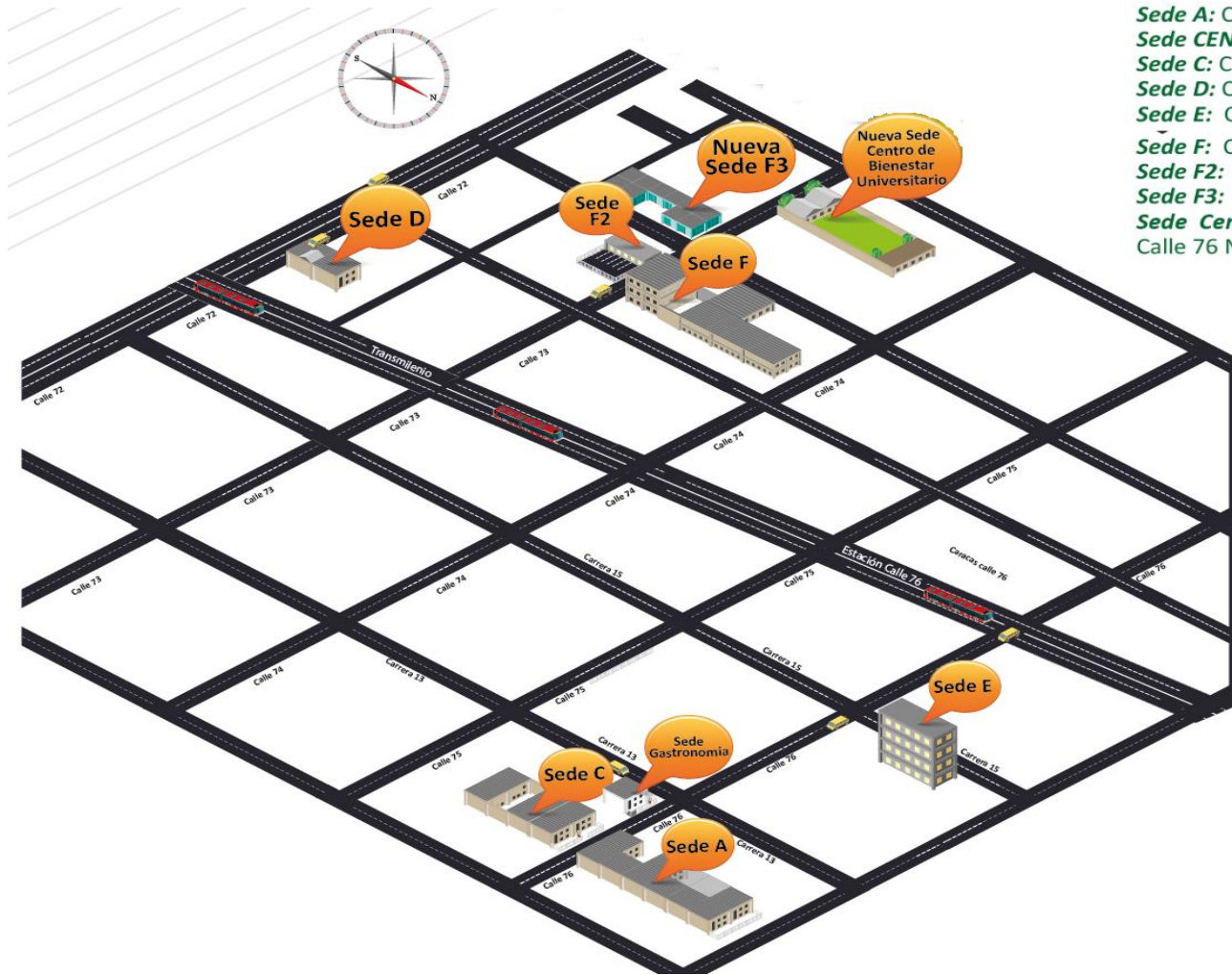


Sede Centro de Gastronomía y Sommelier

1. Taller de Sommelier
2. Taller de Café
3. Taller de Bar y Cotelaría
4. Cocina Vanguardia
5. Cocina Experimental
6. Pastelería y Repostería
7. Comedor Degustativo

Ilustración 1. Sedes UNITEC.

Fuente: Comunicaciones



9 Sedes:

- Sede A:** Calle 76 No. 12-58
- Sede CENBI:** Calle 73 No. 20B-34
- Sede C:** Calle 76 No. 12-61
- Sede D:** Calle 72 No. 20-34/40
- Sede E:** Carrera 15 No. 76-40/54
- Sede F:** Calle 73 No. 20A-52
- Sede F2:** Calle 73 No. 17/65 (dirección Antigua)
- Sede F3:** Calle 73 No. 20B - 11/15
- Sede Centro de Gastronomía y Sommelier:** Calle 76 No. 12-99

Ilustración 2. Mapa de las sedes de UNITEC.
Fuente: Comunicaciones

Tabla 4. Programas académicos ofrecidos por UNITEC.

Escuela Programas	Ciencias Económicas y Administrativas	Ingeniería	Artes y Ciencias de la Comunicación
Tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de Finanzas y Negocios Internacionales • Mercadotecnia y Publicidad • Gestión de Aerolíneas y Agencias de Viajes • Gastronomía y Sommelier 		<ul style="list-style-type: none"> • Actuación y presentación para Cine Y Televisión • Producción de sonido y Musicalización • Fotografía y Producción Digital • Producción Gráfica Digital • Animación digital • Diseño y producción grafica
Universitarios	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Empresas • Administración Logística • Mercadeo • Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería de Sistemas • Ingeniería de Telecomunicaciones • Ingeniería Industrial 	<ul style="list-style-type: none"> • Cine y Televisión • Diseño Gráfico • Publicidad
Posgrado	<ul style="list-style-type: none"> • Especialización en Gerencia del Talento humano y riesgos profesionales 		

Elaboración propia, a partir de los datos institucionales.

Fuente: Pagina web

En su proceso de evolución, los programas tecnológicos han abierto puertas a los programas profesionales, de nivel universitario. Este desarrollo ha llevado al cierre de las tecnologías y la opción para los estudiantes de seguir en su proceso o de homologar el programa de tecnología al programa profesional. A continuación se presenta el cuadro detallado de los 3.836 estudiantes matriculados para el periodo 2015-1, teniendo en cuenta que aparecen los programas tecnológicos cerrados, que aún cuentan con estudiantes.

Tabla 5. Estudiantes matriculados 2015–1 con porcentaje de participación.

PROGRAMA	Total	% Partic.
Administración de Empresas	249	6,49%
Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras	376	9,80%
Administración Logística	97	2,53%
Cine y Televisión	435	11,34%
Diseño Gráfico	607	15,82%
Especialización en Gerencia del Talento Humano y Riesgos Ocupacionales.	56	1,46%
Ingeniería de Sistemas	191	4,98%
Ingeniería de Telecomunicaciones	118	3,08%
Ingeniería Industrial	121	3,15%
Mercadeo	147	3,83%
Publicidad	293	7,64%
Tecnología en Actuación y Presentación para Cine y Televisión	48	1,25%
Tecnología en Animación Digital	43	1,12%
Tecnología en Diseño y Producción Gráfica	112	2,92%
Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones	1	0,03%
Tecnología en Fotografía y Producción Digital	142	3,70%
Tecnología en Gastronomía y Sommelier	185	4,82%
Tecnología en Gestión de Aerolíneas y Agencias de Viajes	206	5,37%
Tecnología en Gestión de Empresas	9	0,23%
Tecnología en Gestión de Finanzas y Negocios Internacionales	151	3,94%
Tecnología en Gestión Hotelera y Turística	22	0,57%
Tecnología en Mercadotecnia y Publicidad	129	3,36%
Tecnología en Producción de Sonido y Musicalización	42	1,09%
Tecnología en Producción Gráfica Digital	20	0,52%
Tecnología en Publicidad	36	0,94%
Total	3.836	100,00%

Elaboración propia, a partir de los datos institucionales.

Fuente: Coordinación de Promoción y Mercadeo.

Elementos:

- **Jornadas:** cuenta con dos jornadas: diurna y nocturna

La jornada diurna, es programada de lunes a viernes de 7am a 2pm.

La jornada nocturna es programada de lunes a viernes de 6pm a 10 pm y los sábados de 7am a 1pm.

- **Franja:** Las franjas de clase son de horas, correspondientes a 60 minutos.
- **Periodo:** Los periodos dependen de las materias, las cuales pueden ser de 32 ó 48 horas.
- **Materias:** se cuenta con la siguiente clasificación:
 - Materias de Facultad: son las materias propias de la escuela a la que se pertenece, trabaja las materias generales del área de conocimiento

- Materias específicas del área: Corresponden a las materias específicas del área de conocimiento del programa que se estudia.
- Materias Transversales: son materias interdisciplinarias que se programan a nivel institucional con todos los programas a saber:
 - Emprendimiento: valores, creatividad, emprendimiento
 - Humanidades: expresión oral y escrita, legislación laboral y comercial
 - Matemáticas básicas: matemática I y II, estadística, matemática financiera
- **Estudiantes: se cuenta con diferentes tipos de estudiantes:**
 - Estudiante Completo: son estudiantes que ven el semestre completo.
 - Estudiante Incompleto: son estudiantes que han perdido materias y por tanto ven materias de diferentes semestres.
 - Estudiante Homologante: son estudiantes que pasan de programas afines al nuevo programa que cursan.
 - Estudiantes Transferentes: son estudiantes que pasan de un programa a otro totalmente diferente.
- **Docentes: clasificados de la siguiente forma:**
 - Docente Tiempo completo: Docentes contratados para trabajar 40 horas semanales, las cuales pueden ser distribuidas en: 40 horas clase; 30 horas clase y 10 horas de apoyo al programa; o 20 horas de clase y 20 horas de apoyo al programa.
 - Docente Medio tiempo: Docentes contratados para trabajar 20 horas semanales, las cuales pueden ser distribuidas en 20 horas clase; o 15 horas clase y 5 horas de apoyo al programa.
 - Docente Cátedra: docentes que solo dictan algunas horas de clase.

El tiempo de los docentes es distribuido en las dos jornadas; aunque es importante resaltar que en las clases de idiomas no tienen en cuenta la disponibilidad del docente, mientras que en las facultades se tiene en cuenta el tiempo de disponibilidad de los docentes y la especificidad de las materias a dictar.

Es importante aclarar que no todos los docentes de la institución se desplazan entre sedes, los desplazamientos dependen de la materia y los elementos que estos requieran para ser ejecutadas.

- **Sedes:** UNITEC no cuenta con campus, sino con sedes, nueve (9) en total, siete de salones y dos de servicios, las cuales están distribuidas en la zona que comprende de la calle 72 a la calle 76 y de la carrera 12 a la carrera 20 en la ciudad de Bogotá. Se muestra claramente en el mapa presentado anteriormente en la ilustración 2.
- **Salones:** UNITEC cuenta con 110 aulas distribuidas en 7 sedes. Entre las 110 Aulas se encuentran, dos laboratorios de cocina, dos talleres de servicio, un taller de repostería, un aula de cata, 5 laboratorios de sistemas y sonido, dos laboratorios de programación, 2 laboratorios de electrónica, 2 laboratorios de telecomunicaciones, un clúster, un laboratorio de química y uno de física. Los salones tienen capacidad de 12 hasta 42 estudiantes, para una capacidad instalada de 2.983 estudiantes. Para disminuir de desplazamientos, cada facultad programa clases con salones de una sede específica, generalmente la correspondiente a las oficinas de la facultad.

3.1.1 Actual proceso de programación de materias y asignación de salones en UNITEC

A nivel institucional, los jefes de área que se encargan de las materias transversales y los secretarios académicos de cada programa, de forma individual proyectan grupos de cada materia, cada semestre y su posible tamaño, para posteriormente reunirse y definir horarios con base a la cantidad de grupos y tamaño. También debe tener en cuenta la experticia del docente y el tiempo de acuerdo al contrato para la asignación de materias, esta programación, procuran no modificarla, solo en extrema necesidad, generalmente se presenta por la salida o cambio de un docente.

Con base a los horarios entregados por los jefes de área y secretarios académicos, el analista de planeación teniendo en cuenta cantidad de estudiantes y especificaciones de la materia, asigna manualmente los salones en las planillas de cada salón e informa al jefe de área o secretario de programa, quienes en el momento que habilitan el sistema SINU¹, deben ingresar al sistema los horarios y asignar docentes y salones de acuerdo al semestre y grupo.

Al iniciar semestre hay grupos que deben cambiar de salón porque la capacidad no es la adecuada, por tanto los secretarios, en algunas oportunidades deciden programar salones que ven disponibles en SINU pero que en realidad ya están asignados a otras materias, como son CPG² y tutorías, las cuales no están configuradas en el sistema para programarlas, pero han sido asignadas manualmente por el analista de planeación. Así que deben recurrir nuevamente al analista de planeación para que les sea reasignado otro salón, en la jornada de la noche es a veces más complicado por la alta población estudiantil que existe.

Al tener los horarios programados y los salones asignados, el analista de planeación debe entrar al sistema y salón por salón descargar los datos a Excel para imprimirlos y colocarlos en la entrada de cada salón; tarea dispendiosa, especialmente cuando hay cambios de salones, la asignación definitiva se logra después de un mes de iniciadas las clases. El presente proceso se refleja en la Ilustración 3, con su respectivo flujograma.

¹ SINU: sistema operativo para la organización académica de la institución

² CPG: curso preparatorio de grado

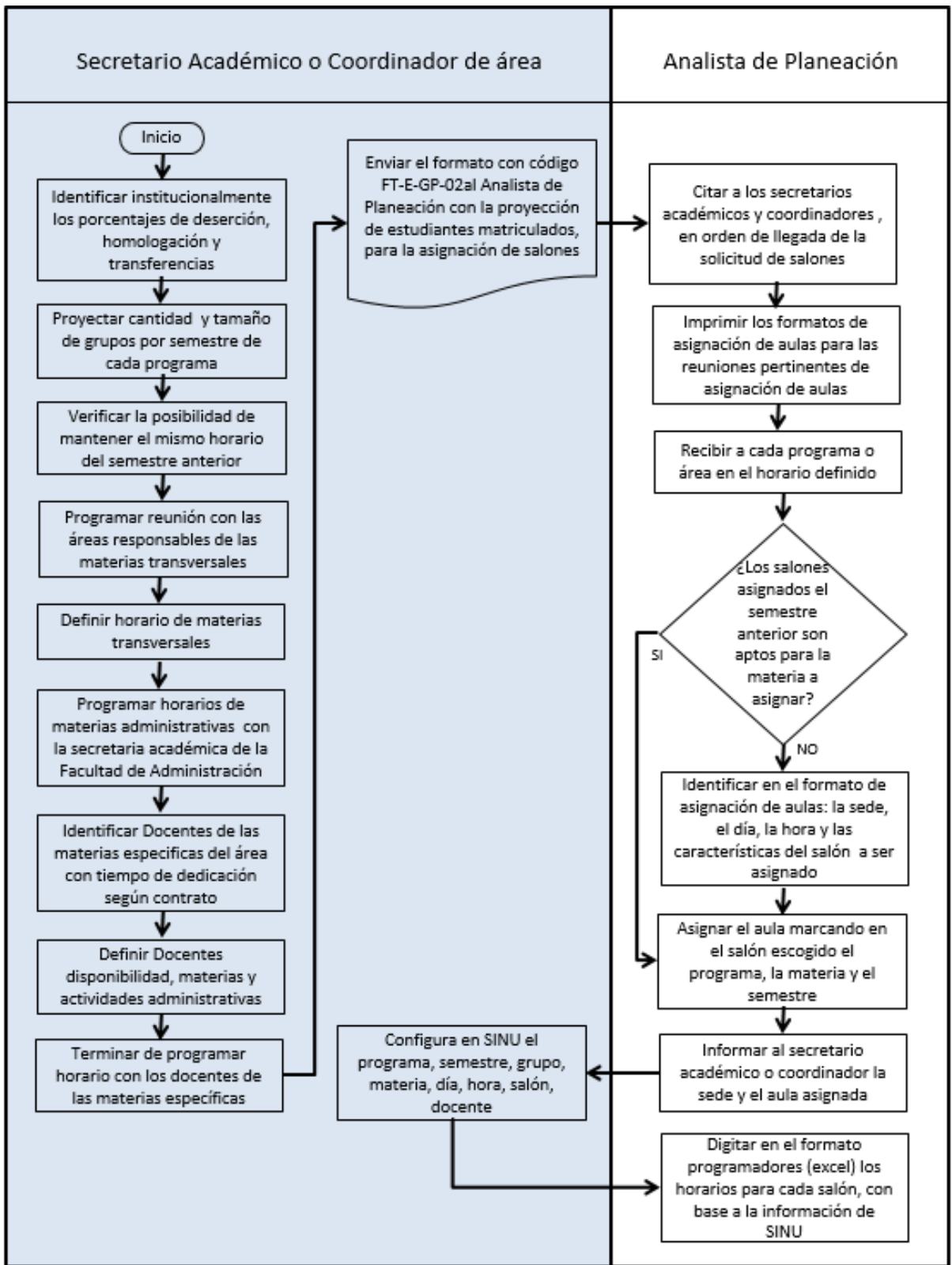


Ilustración 3. Flujograma del proceso de programación de horarios y asignación de salones en UNITEC.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos institucionales.

3.2. Alcance propuesto

La presente investigación surge a raíz del caso de estudio basado en la tesis Programación de horarios y asignación de aulas de clase universitarias, por Camilo Torres Ovalle, la cual se enfoca hacia la mejora del uso de la capacidad instalada en la Universidad de La Sabana, con un modelo matemático que optimiza las instalaciones de la universidad, aplicado a 6 programas de la Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas (EICEA) y 4 programas de Ingeniería.

Con base al análisis realizado, se identifica que cada institución cuenta con requerimientos y enfoques diferentes, en el caso de la tesis en mención se busca optimizar el recurso físico de la institución, manteniendo los salones ocupados la mayor cantidad de franjas horarias, por medio de la función objetivo que busca minimizar el costo del uso de salones.

Mientras que en el presente caso de estudio, la ocupación instalada de la institución no afecta, ya que las instalaciones están vacías de dos a seis de la tarde, mientras si afecta la optimización del tiempo de desplazamiento de docentes entre sedes, llevando a este caso a referirse puntualmente al factor humano.

Con lo anterior, UNITEC dentro del modelo de investigación de *timetabling* cuenta con las restricciones comunes a todos los casos del mismo tipo, como son:

- Los salones, el profesor y la materia no se deben programar en la misma franja, para evitar cruces de horarios.
- Materias del mismo grupo y semestre no deben programarse en la misma franja, para que los estudiantes del mismo grupo o semestre asistan a la totalidad de las materias correspondientes a su nivel.
- Las materias deben cumplir con su intensidad horaria (cantidad de horas a la semana), para cumplir con la cantidad de créditos correspondientes a la malla curricular.
- Las materias deben asignarse a salones particulares de acuerdo a sus requerimientos, en dado caso talleres o laboratorios.
- La capacidad del salón debe ser mayor o igual al tamaño del grupo al que corresponde la materia.

Y a otras restricciones específicas, así:

- Se debe respetar la disponibilidad horaria del profesor y de la materia.
- Debido a la existencia de varias sedes, se debe reducir los desplazamientos del profesor entre las sedes, especialmente entre las de mayor distancia entre sí, esto evita la perdida de clase y propende por la seguridad del profesor.
- Lograr que el profesor cuente con bloques más compactos de clase

Con lo anterior y con el proceso específico de UNITEC para programar materias y asignar salones, se define que el alcance propuesto para esta investigación, aplica a las condiciones específicas de la institución, sin dejar de lado las generales con las que debe obligatoriamente cumplir.

Así que para dicha finalidad se establece que por asignación de responsabilidades y resultados, esta investigación se debe trabajar con programas afines, que comparten profesores y materias del área de conocimiento.

Escogiendo así los programas del área de conocimiento pertenecientes a turismo, con los 3 profesores compartidos por dichos programas que deben desplazarse entre sedes y sus respectivas materias, a saber:

Programas:

- Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras, definida en el modelo como Hotelería.
- Tecnología en Gestión de Agencias de Viajes y Aerolíneas, definida en el modelo como Aerolíneas.
- Tecnología en Gastronomía y Sommelier, definida en el modelo como Gastronomía.

Semestre: Se debe tener en cuenta que los semestres se repiten por estar presentes de forma diurna y nocturna, adicional ha de existir la posibilidad de contar con más de un grupo por semestre, así que se identifican dentro del código de la materia

Profesores: En cuanto a los profesores, se seleccionaron los profesores que deben desplazarse entre sedes. Se debe tener en cuenta que los profesores seleccionados responden por materias específicas al área del conocimiento y son compartidos entre los tres programas.

Materias: Las materias a trabajar deben ser las asignadas a cada profesor en su carga académica semestral.

Aulas: De acuerdo a los lineamientos de la institución, se programan las materias en las aulas pertenecientes a las sedes de las facultades.

Franjas: Se definen en horas de clase, correspondientes a 60 minutos. Identificando la jornada diurna de lunes a viernes 7 am a 2 pm de la franja 1 a la 35 y la jornada nocturna de lunes a viernes de 6pm a 10 pm y los sábados de 7am a 2 pm, de la franja 36 a la 62, como lo muestra la tabla

Tabla 6. Franjas diurnas y nocturnas

FRANJAS	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
07:00 - 08:00 A.M.	1	8	15	22	29	56
08:00 - 09:00 A.M.	2	9	16	23	30	57
09:00 - 10:00 A.M.	3	10	17	24	31	58
10:00 - 11:00 A.M.	4	11	18	25	32	59
11:00 - 12:00 A.M.	5	12	19	26	33	60
12:00 - 01:00 P.M.	6	13	20	27	34	61
01:00 - 02:00 P.M.	7	14	21	28	35	62
06:00 - 07:00 P.M.	36	40	44	48	52	
07:00 - 08:00 P.M.	37	41	45	49	53	
08:00 - 09:00 P.M.	38	42	46	50	54	
09:00 - 10:00 P.M.	39	43	47	51	55	

Fuente: Elaboración propia

4. METODOLOGÍA Y SOLUCIÓN PROPUESTA

Como se indicó en las generalidades, de acuerdo a los lineamientos institucionales, en UNITEC las secretarías académicas son las encargadas de elaborar los horarios de los programas a su cargo, así que con base a la complejidad de la labor de dicho cargo administrativo, se seleccionaron los programas de Turismo, los cuales además de estar a cargo de la misma secretaría académica, comparten profesores, aulas especializadas y algunas materias por ser de la misma área de conocimiento. Los programas pertenecientes a Turismo son:

- Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras (Hotelería): programa profesional de 8 semestres y prácticas profesionales.
- Gestión de Agencias de Viajes y Aerolíneas (Aerolíneas): programa tecnológico profesional con 5 semestres y prácticas.
- Gestión de Gastronomía y Sommelier (Gastronomía): programa tecnológico profesional con 5 semestres y prácticas.

En el modelo se identificarán como Hotelería, Aerolíneas y Gastronomía.

Los tres programas son presenciales en jornada diurna y nocturna.

A continuación, se presentan las generalidades del problema, el modelo matemático utilizado y su aplicabilidad al caso de estudio.

4.1. Recolección de datos y proyección

En el periodo lectivo 2015-1, para los programas académicos de Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras, Tecnología en Gestión de Agencias de Viajes y Aerolíneas, y Tecnología en Gastronomía y Sommelier, la Secretaría Académica es la responsable de proyectar: los grupos y la cantidad de estudiantes por grupo, las materias a abrir según los grupos, definir salones o laboratorios específicos para determinadas clases y los profesores con su respectiva carga académica; entiéndase por carga académica las materias a dictar, la cantidad de franjas para cada uno de clase y de tiempo de apoyo si le corresponde de acuerdo al contrato.

Así que la secretaria académica de los tres programas facilita a la presente investigación los datos proyectados, donde se encuentra:

- La proyección de los grupos, especificando la cantidad de estudiantes y la jornada de cada programa académico con sus respectivos semestres.
- Los salones disponibles con su correspondiente capacidad, si tiene televisor y la especificación de los laboratorios.
- Los horarios de los docentes uno a uno de los tres programas.
- Las mallas curriculares de cada uno de los programas.
- Los horarios reales de cada grupo por semestre y programa.

Teniendo en cuenta que la finalidad de esta investigación es optimizar el desplazamiento de los profesores entre sedes distantes, con los datos reales de los tres programas entregados por la Secretaría

Académica, se identifican los profesores que deben desplazarse entre sedes distantes, con los cuales se trabajará el modelo. Los tres profesores seleccionados son:

Tabla 7. Profesores seleccionados para realizar el modelo

	Profesor 1	Profesor 2	Profesor 3
Tipo de Contrato	Tiempo completo	Tiempo completo	Cátedra
Cantidad de materias	14	11	2
Horas clase	28	30	9
Horas de apoyo	12	10	0
Apoyo	Autoevaluación y Acreditación	Proyección social	Ninguno
Programas	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras (24 franjas) • Tecnología en Gastronomía y Sommelier (4 franjas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras (13 franjas) • Tecnología en Gestión de Agencias de Viajes y Aerolíneas (17 franjas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras (6 franjas) • Tecnología en Gastronomía y Sommelier (3 franjas).

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior lleva a complementar el modelo y su complejidad, ya que permite trabajar con docentes tiempo completo (#1 y #2) y profesor cátedra (#3), los cuales son compartidos en los tres programas en estudio.

Después de seleccionados los profesores, se realiza la revisión de las materias, encontrando 27, ver tabla 8, lista de materias seleccionadas, la cual contiene:

- **Materia:** Contiene el nombre de la materia,
- **Grupo:** Hace referencia al código del grupo de estudiantes al cual pertenece la materia.
- **Hora/semana:** es la cantidad de horas que se debe programar la materia a la semana,
- **Docente:** el número que identifica al profesor encargado de la materia,
- **Jornada:** la jornada a la que pertenece el grupo que asiste a la materia.
- **Sem:** semestre al que pertenece la materia.
- **Tamaño grupo:** hace referencia a la cantidad de estudiantes que asistirán a la materia
- **Sede:** la sede donde está el laboratorio especializado donde se debe programar la materia, las materias que no tienen dato de sede, son programadas en la sede a la cual pertenece la facultad es decir a la sede F o F2.
- **Programa:** programa profesional o tecnológico al que pertenece la materia.

Tabla 8. Lista de Materias seleccionadas

MATERIA	GRUPO	HORA / SEMANA	DOCENTE	JORNADA	SEM	TAMAÑO GRUPO	SEDE	PROGRAMA
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I AD	213AD	4	2	Diurna	3	6	C	Aerolíneas
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I AN	213AN	4	2	Nocturna	3	10	C	Aerolíneas
FRONT OFFICE AD	214AD	3	2	Diurna	4	25	C	Aerolíneas
FRONT OFFICE AN	214AN	3	2	Nocturna	4	10	C	Aerolíneas
GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJE AD	215AD	3	2	Diurna	5	16		Aerolíneas
TECNICAS DE MESA BAR Y CATERING GD	232AD	3	3	Diurna	2	25	G	Gastronomía
SISTEMAS DE INFO. DE AY B GD	233AD	2	1	Diurna	3	10	C	Gastronomía
SISTEMAS DE INFO. DE AY B GD	233BD	2	1	Diurna	3	6	C	Gastronomía
GESTIÓN DE ALOJAMIENTO HD	732AD	2	1	Diurna	2	37		Hotelería
GESTIÓN DE ALOJAMIENTO HN	732AN	2	1	Nocturna	2	37		Hotelería
SERVICIOS HOTELEROS HD	733AD	2	1	Diurna	3	21		Hotelería
SERVICIOS HOTELEROS HN	733AN	2	1	Nocturna	3	23		Hotelería
SISTEMAS DE INFO. HOTELERA HD	734AD	2	1	Diurna	4	25	C	Hotelería
TECNICAS DE SERVICIO DE AYB HD	734AD	3	3	Diurna	4	25		Hotelería
SISTEMAS DE INFO. HOTELERA HN	734AN	2	1	Nocturna	4	21	C	Hotelería
TECNICAS DE MESA BAR Y CATERING HN	734AN	3	3	Nocturna	4	21	G	Hotelería
LEGISLACIÓN DEL TURISMO HD	735AD	2	1	Diurna	5	8		Hotelería
GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJE HD	736AD	3	2	Diurna	6	18		Hotelería
GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJES HN	736AN	3	2	Nocturna	6	10		Hotelería
SISTEMAS DE INFO. DE AY B HD	737AD	2	1	Diurna	7	8	C	Hotelería
SISTEMAS DE INFORMACION EN TURISMO HD	737AD	2	2	Diurna	7	8	C	Hotelería
SISTEMAS DE INFO. DE AY B HN	737AN	2	1	Nocturna	7	15	C	Hotelería
SISTEMAS DE INFORMACION EN TURISMO HN	737AN	2	2	Nocturna	7	15	C	Hotelería
SISTEMAS DE INFORMACIÓN HOTELERA HN	73AAN	2	1	Nocturna	4	21	C	Hotelería
GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJE HN	73BTN	3	2	Nocturna	5	12		Hotelería
SERVICIOS HOTELEROS HN	73BTN	2	1	Nocturna	5	12		Hotelería
SISTEMAS DE INFO. DE AY B HN	73CTN	2	1	Nocturna	6	10	C	Hotelería

Fuente: Elaboración propia

Con el detalle de las materias seleccionadas, podemos consolidar los datos así:

Tabla 9. Distribución de materias por programa, jornada y semestre

PROGRAMA	JORNADA	SEMESTRE							TOTAL JORNADA	TOTAL PROGRAMA
		1	2	3	4	5	6	7		
AEROLÍNEAS	DIURNA			1	1	1			3	5
	NOCTURNA			1	1				2	
GASTRONOMÍA	DIURNA	1		2					3	3
HOTELERÍA	DIURNA		1	1	2	1	1	2	8	19
	NOCTURNA		1	1	3	2	2	2	11	
TOTAL DIURNA		1	1	4	3	2	1	2	14	27
TOTAL NOCTURNA		0	1	2	4	2	2	2	13	

Fuente: Elaboración propia

Los detalles de las materias aumentan la complejidad, porque existen materias en las dos jornadas, se cuenta desde una hasta tres materias en el mismo semestre en la misma jornada y en el mismo programa académico, adicional las materias cuentan con cantidades de franjas diferentes de 2 a 4 franjas por semana.

En la tabla 8 al clasificar las materias por programa y jornada, se identifica que las materias en Aerolíneas son de tercero a quinto semestre, en Gastronomía de primero y tercero y en Hotelería de segundo a séptimo. Lo que indica que al consolidar los semestres, el modelo los presentará de primero a séptimo y los identificara con la letra K.

Otro factor adjunto a las materias es que algunas requieren de laboratorios especializados, que es lo que ocasiona el desplazamiento de los profesores entre sedes; para las materias relacionadas con las áreas de servicio, alimentos y bebidas (cocina), se cuenta con la sede G, taller de Gastronomía; y para sistemas, se cuenta con el taller especializado de la sede C, mientras que los salones normales se centrarán en las sedes F y F2.

Tabla 10. Aulas y Laboratorios del modelo

SEDE	AULA	CAPACIDAD	ESPECIALIDAD
F	BF110	16	Salón con TV
F	BF113	16	Salón con TV
F	BF222	16	Salón con TV
F	BF223	16	Salón con TV
F	BF115	40	Salón con TV
F	BF104	18	Salón con TV
F	BF103	25	Salón con TV
F	BF112	25	Salón con TV
F	BF212	24	Salón con TV
F	BF213	24	Salón con TV
F	BF215	24	Salón con TV
F	BF101	30	Salón con TV
F	BF116	40	Salón con TV
F2	BF2203	18	Salón con TV
C	BCLS1	25	Laboratorio de Sistemas
G	BGTS1	25	Laboratorio Técnica de Servicio

Fuente: Elaboración propia

Dentro del marco de la proyección, la institución, busca programar la mayor cantidad de materias en la sede F, correspondiente a las oficinas de la facultad y en su defecto por capacidad de salones en las sedes más cercanas F2 o F3. Siguiendo estos lineamientos institucionales y teniendo en cuenta las materias y sus requerimientos se seleccionaron los salones, contando con 14 aulas entre la sede F y F2 y dos laboratorios especializados ubicados en la sede C (sistemas) y G (Centro Gastronómico).

Es importante indicar que caminando, los desplazamientos de la sede F y sus sedes contiguas, a la sede G y C toman entre 20 y 30 minutos dependiendo el tráfico que se presente en el sector.

En conclusión la investigación planteada integra elementos como profesores, materias, programas, semestres, jornadas y franjas, que cuentan con sus respectivas variables, lo que convierte este desarrollo en un modelo matemático complejo de *timetabling* con multisedes.

4.2. Restricciones generales

La programación que se realice para la Institución debe satisfacer la siguiente serie de restricciones:

- No puede existir más de una asignación en una misma franja para una misma materia ni una misma aula ni un mismo profesor.
- Todas las materias deben programarse con su respectiva intensidad horaria y deben tener asignado un salón en un periodo de tiempo determinado.
- Es necesario respetar la disponibilidad horaria de cada profesor y de cada materia.
- Las materias del mismo semestre que tengan un solo grupo no pueden ser programadas en la misma franja horaria.
- Se debe respetar la capacidad de los salones, de tal forma que los grupos de la materia asignada sean iguales o menores a la capacidad del mismo.
- Las materias deben programarse en los laboratorios o talleres específicos de acuerdo al requerimiento.

Contamos con los siguientes datos para elaborar el modelo:

- Se conoce el número de asignaturas y el número de grupos de cada una a programar.
- Se conoce el número de estudiantes esperado en cada grupo a programar y la intensidad horaria requerida de cada materia.
- Se conocen los salones disponibles para realizar la asignación y la capacidad de los mismos.
- El número de profesores disponibles para dictar cada materia.
- Se conocen el número de franjas por día y por jornada.

El modelo debe lograr programar profesores, materias y asignar salones, de acuerdo a los parámetros planteados, buscando como fin principal optimizar el tiempo de desplazamiento de los profesores, adicional a lograr un tiempo computacional acorde con el proceso.

4.3. Modelo matemático

El modelo de programación lineal entera propuesto es el siguiente:

Conjuntos

J = Profesores	{p1*p3}
S = Salones	{s1*s16}
M = Materias	{m1*m27}
F = Franjas	{f1*f62}
K = Materias por programa por semestre	{k1*k7}
D = Días hábiles por jornada: 1 a 5 diurna, 6 a 11 nocturna	{1*11}

Parámetros

TG(m)	Tamaño del grupo de la materia m
TS(s)	Tamaño del salón s
CF(m)	Cantidad de franjas por materia m (intensidad horaria)

MP(m,j)	Matriz de cubrimiento que toma el valor de 1 si la materia m es dictada por el profesor j
MSP1(m,k)	Matriz de cubrimiento que toma el valor de 1 si la materia m pertenece al semestre k del programa de Aerolíneas
MSP2(m,k)	Matriz de cubrimiento que toma el valor de 1 si la materia m pertenece al semestre k del programa de Gastronomía
MSP3(m,k)	Matriz de cubrimiento que toma el valor de 1 si la materia m pertenece al semestre k del programa de Hotelería
PF(f,j)	Matriz de cubrimiento que toma el valor de 1 si en la franja f el profesor j está disponible
MF(m,f)	Matriz de cubrimiento que toma el valor de 1 si la materia m se puede programar en la franja f
MA(m,s)	Matriz de cubrimiento que toma el valor de 1 si la materia m puede programarse en el salón s
Días(f,d)	Matriz de cubrimiento que toma el valor de 1 si la franja f pertenece al día d

Variables de decisión

$$X_{jsmf} = \begin{cases} 1 & \text{si el profesor } j \text{ da clase en el salón } s \text{ con la materia } m \text{ en la franja } f \\ 0 & \text{si el profesor } j \text{ no da clase en el salón } s \text{ con la materia } m \text{ en la franja } f \end{cases}$$

$$U_{jsd} = \{ \text{Cantidad de veces (franjas) que el profesor } j \text{ es asignado en el salón } s \text{ en el día } d \}$$

Modelo matemático

Después de definidos los conjuntos, los parámetros y las variables, la formulación del modelo es la siguiente:

Función Objetivo

$$MAX Z = \sum_{\forall j} \sum_{\forall s} \sum_{\forall d} U_{jsd} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{\forall m} \sum_{\forall j} X_{jsmf} \leq 1 \quad \forall s, \forall f \quad (2)$$

$$X_{jsmf} \times TG(m) \leq TS(s) \quad \forall s, \forall f, \forall m, \forall j \quad (3)$$

$$\sum_{\forall s} X_{jsmf} \leq 1 \quad \forall j, \forall m, \forall f \quad (4)$$

$$\sum_{\forall j} \sum_{\forall f} \sum_{\forall s} X_{jsmf} = CF(m) \quad \forall m \quad (5)$$

$$\sum_{\forall s} \sum_{\forall m \in MP(m,j) > 0} X_{jsmf} \leq 1 \quad \forall j \forall f \quad (6)$$

$$\sum_{\forall m} \sum_{\forall s} \sum_{\forall j} X_{jsmf} \times MSP2(m, k) \leq 1 \quad \forall k, \forall f \quad (7)$$

$$\sum_{\forall m} \sum_{\forall s} \sum_{\forall j} X_{jsmf} \times MSP1(m, k) \leq 1 \quad \forall k, \forall f \quad (8)$$

$$\sum_{\forall m} \sum_{\forall s} \sum_{\forall j} X_{jsmf} \times MSP3(m, k) \leq 1 \quad \forall k, \forall f \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \sum_{\forall f} \sum_{\forall m} X_{jsmf} \times Dias(f, d) + X_{jsmf+1} \times Dias(f + 1, d) + X_{jsmf+2} \\ \times Dias(f + 2, d) + X_{jsmf+3} \times Dias(f + 3, d) \\ + X_{jsmf+4} \times Dias(f + 4, d) = U_{jsd} \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \forall j, \forall s, \forall d, \\ MA(m, s) > 0, \\ FP(f, j) > 0, \\ MF(m, f) > 0, \\ MP(m, j) > 0 \end{array} \quad (10)$$

La variable de decisión lleva a que el modelo defina la programación semanal de cada uno de los tres profesores (j), de acuerdo a la franja (f) en el salón (s) dictando la materia (m). Esta variable genera la distribución una a una de las materias de cada profesor, indicándole la franja y el salón en el que debe presentarse.

La variable U, define la cantidad de franjas consecutivas, es decir la cantidad de franjas seguidas, que el profesor es asignado a un mismo salón durante el día. Permitiendo así lograr que el profesor minimice sus desplazamientos, manteniéndolo la mayor cantidad posible de franjas continuas en el mismo salón.

En cuanto a las ecuaciones expresan:

La ecuación (1) hace referencia a la función objetivo, la cual permite maximizar las franjas continuas del profesor en un mismo salón. Esta función busca que el profesor se desplace lo menos posible, manteniéndose la mayor cantidad de franjas posibles en un mismo salón.

Para lograr que el modelo no repita la materia con el mismo profesor en una misma franja ni salón, se restringe con las restricciones (2), la cual obliga a que solo se programe máximo una materia por franja en cada salón. Así se asegura que no hay doble programación de las mismas.

En cuanto a la capacidad de los salones y su relación con el tamaño de los grupos de las materias asignadas, la restricción (3) hace que el tamaño del grupo de la materia asignada sea menor o igual que la capacidad del salón que se le asigna. Esta ecuación evita inconsistencias de subutilización, donde hay muchos menos estudiantes que la capacidad del salón o lo contrario, que la cantidad de estudiantes exceda la capacidad del salón. Esta es aplicada a todos los salones, todas las materias y todas las franjas donde el profesor tenga programado dictar clase.

Debe evitarse que se programe al profesor, el salón y la materia más de una vez por franja para ello la restricción (4) logra que los salones no apliquen más de una vez en la misma franja para programar materias o profesores.

Las materias dentro del plan de estudios están definidas por créditos, los cuales se ven representados en horas semanales de clase, por esta razón cada materia debe cumplir con una cantidad exacta de horas a la semana, lo cual se conoce como intensidad horaria; las restricciones (5) hacen que para todas las materias, la cantidad de franjas (CF) programadas sea igual a la intensidad horaria, durante el total de franjas de la semana con su respectivo profesor y salón.

La ecuación (6) evita que el profesor sea programado varias veces en la misma franja con alguna de las materias que le fueron asignadas, o que sea programado en más de un salón. Esta ecuación junto con la ecuación (2) y (4) generan la restricción para que la materia, el salón y el profesor sean programados en la misma franja.

Ya que el modelo cuenta con materias que son impartidas al mismo grupo, se debe evitar que se programen simultáneamente en la misma franja, para tal fin las restricciones (7), (8) y (9), logran esta finalidad. La restricción (7) se aplica a los grupos por semestre de Gastronomía, (8) para los de Aerolíneas y (9) para los de Hotelería.

Para lograr cumplir con la carga académica y evitar sus desplazamientos, la restricción (10), busca que el modelo sume las franjas consecutivas que el profesor se encuentra en el mismo salón. Esta ecuación genera la suma hasta de 4 franjas, porque es el máximo de franjas en que se debe programar algunas de las materias a la semana. Esta es la ecuación encargada de cumplir el objetivo principal del modelo, ya que evita los desplazamientos del profesor, permitiendo continuidad dentro del mismo salón.

4.4. Flujo del proceso para aplicar el modelo matemático

En el desarrollo del proceso, se define el flujo para la aplicación del modelo matemático, teniendo en cuenta los elementos que participan, junto con los requerimientos de cumplimiento y su respectivo análisis.

A continuación, la ilustración 4 presenta el flujo del proceso para aplicar el modelo matemático propuesto.

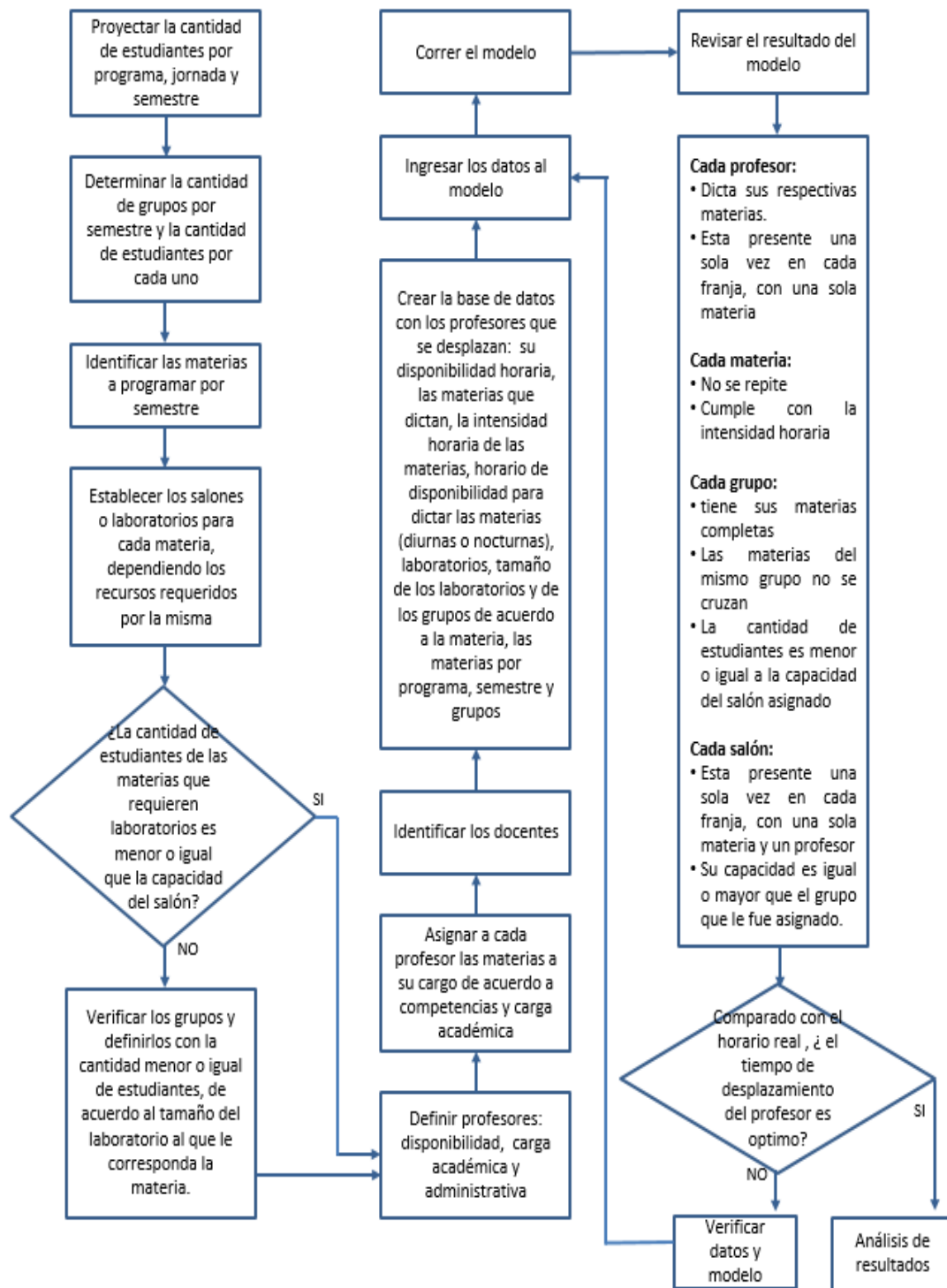


Ilustración 4. Flujoograma del proceso de ejecución del modelo
Fuente: Elaboración propia.

4.5. Resultados

De acuerdo al flujo del proceso de ejecución, después de la recolección de datos e ingreso de los mismos al modelo, se debe compilar para continuar con la revisión de resultados arrojados por el modelo matemático, el cual se realizó en el sistema general de modelaje algebraico (GAMS), versión 23.6, en un computador portátil DELL, con procesador AMD A6 con memoria RAM 8.00 GB, con un tiempo aproximado de respuesta del programa para el modelo de 0.641 segundos.

En la programación realizada por el modelo en 35 franjas diurnas y 27 nocturnas, para un total de 62 franjas, encontramos:

En cuanto a los tres profesores a cada uno le fueron asignadas las materias correspondientes, en las franjas disponibles de cada uno. No se repite en franjas, ni salones, ni materias simultáneamente.

Revisando las materias, aparecen las 27 materias, las cuales cumplen con la intensidad horaria, No se repiten en franjas, ni salón, ni con profesor simultáneamente. No se cruzan las pertenecientes a un mismo grupo o semestre. Cada materia es programada en el salón, laboratorio o taller correspondiente a los requerimientos. Cada una es programada en la franja que le corresponde de acuerdo a la disponibilidad.

Los 22 grupos, distribuidos en 12 grupos diurnos y 10 nocturnos, pertenecientes a las 27 materias, distribuidas en los siete semestres de los tres programas académicos, disponen de las materias correspondientes a su semestre sin que se crucen. Los salones asignados cumplen con el requerimiento de capacidad de acuerdo al tamaño del grupo.

Y las 14 aulas y los 2 laboratorios, ubicados en 4 sedes, son asignados a las materias específicas de acuerdo a los requerimientos de cada una. No se repiten en franjas, ni con profesores, ni con materias simultáneamente.

Lo anterior se observa en el resultado de la variable X, al revisar el horario de cada uno de los profesores.

En cuanto a la variable U, el modelo arroja la cantidad de franjas que un profesor es programado en un salón durante un día; siendo el 55,0% franjas individuales; el 32,5% dos franjas en un salón en un día; 5,0% para tres franjas en un salón al día; 5,0% para 4 franjas y el 2,5% restante corresponde a 5 franjas en un salón durante un día.

4.6. Solución propuesta

A continuación se presentará el análisis del resultado del modelo, para posteriormente presentar la solución propuesta y realizar la comparación con los horarios reales aplicados en el periodo lectivo 2015-1.

4.6.1. Análisis de los resultados del modelo matemático

El análisis se realiza teniendo en cuenta las restricciones generales nombradas en el numeral 4.2 y el alcance propuesto del numeral 3.2, con esta aclaración se encuentra que:

- No existe más de una asignación en una misma franja para una misma materia, ni una misma aula, ni un mismo profesor. Lo que evita que exista cruce de materias, profesores y aulas en una misma franja.
- Cada materia cumple con su intensidad horaria, lo que indica que cada materia es programada la cantidad de franjas requeridas en la semana.
- Las materias del mismo semestre no son programadas en la misma franja horaria. Evitando el cruce de materias pertenecientes al mismo semestre, misma jornada y mismo programa académico.
- Se respeta la capacidad de los salones, así que el tamaño de los grupos de las materias es menor o igual a la capacidad del salón. En lo relacionado a los salones y laboratorios, el modelo programa en la mayoría de clases los mismos salones, así es que de los 16 escogidos para el modelo utiliza solo el 50%, es decir que asigna los mismos 8 en las 67 franjas de clase.
- Las materias son programadas en los laboratorios o talleres específicos de acuerdo al requerimiento de cada una.

En cuanto a las restricciones específicas encontramos:

- Los profesores son programados dentro de la disponibilidad definida en el modelo, al igual que las materias, las cuales se programan en su respectiva jornada.
- En cuanto a que el profesor cuente con bloques de franjas más compactas y la reducción de desplazamientos del profesor entre las sedes, para evitar la pérdida de tiempo y propender por la seguridad del mismo, es necesario realizar modificaciones al resultado del modelo, ya que presenta franjas seguidas de clase, pero estas no corresponden a bloques de la misma materia, lo que lleva a que aunque el modelo presente horarios compactos para los profesores, este deba dictar en cada franja una materia diferente, lo que se demuestra en la revisión de los resultados donde de 27 materias solo programa franjas continuas de 3 materias, lo que corresponde al 11%; la propuesta es con base a las franjas programadas para el profesor, la misma materia se ubique en franjas continuas, escogiendo el salón programado que logre el menor desplazamiento posible.

4.6.2. Análisis del resultado final y comparación con la programación real

A continuación se presenta la comparación de los horarios de los tres profesores analizados en esta investigación, enfocados en la optimización del tiempo del profesor, teniendo en cuenta franjas vacías de color amarillo y desplazamientos de color rojo. Se enunciará un tiempo promedio de desplazamiento entre sedes, pero se debe tener en cuenta que este varía de acuerdo al tráfico de la zona.

4.6.2.1. Profesor 1

Tabla 11. Comparación Horario real Vs Horario propuesto profesor 1

REFERENCIA	HORARIO REAL	HORARIO PROPUESTO
<p>Franjas vacías</p>	<p>.El lunes cuenta con dos franjas vacías continuas de 9 a 11 am.</p> <p>El martes, una franja vacía de 9 a 10 am, lo que de alguna forma facilita el desplazamiento entre la sede f y la sede c, por clase de 7 a 9am y de 10am a 12m, respectivamente.</p> <p>El miércoles con dos franjas vacías continuas de 9am a 11am, que al igual que el martes facilita el desplazamiento.</p> <p>El jueves presenta la mañana partida con clase de 9 a 11 am, permitiendo franjas vacías de 7 a 9am y de 11am a 1pm</p> <p>El horario original presenta en total 9 franjas vacías durante la semana. Divididas en 4 bloques de dos franjas y una franja individual.</p>	<p>El día lunes inicia la programación en 4 franjas continuas de 9am a 1pm. Dejando la franja de 7am a 9am vacía</p> <p>El día martes inicia programación de clase en 4 franjas continuas de 10am a 2 pm.</p> <p>El miércoles deja una franja vacía de 9 a 10 am manteniendo el desplazamiento del horario original.</p> <p>No presenta franjas vacías, ya que programa clase de 7am a 9am</p> <p>El horario propuesto presenta una sola franja vacía. Lo que indica que pasa de 9 franjas vacías a 1, lo que indica una reducción del 87.5%.</p>

REFERENCIA	HORARIO REAL	HORARIO PROPUESTO
Desplazamientos	<p>El lunes presenta desplazamiento en la jornada nocturna en el cambio de clase de 8pm de la sede C a la sede F, el cual demoraría aproximadamente 30 minutos.</p> <p>El martes presenta desplazamiento en la jornada diurna de la sede F a la sede C en una franja vacía.</p> <p>En la jornada nocturna en el cambio de clase de 8 pm se traslada de la sede C a la sede F, el cual demoraría aproximadamente 30 minutos.</p> <p>El miércoles presenta desplazamiento en la jornada diurna de la sede F a la sede C.</p> <p>El profesor 1, en la semana presenta 4 desplazamientos, para un total aproximado de 120 minutos.</p>	<p>El día miércoles genera un desplazamiento, de la sede F a la sede C, en la franja vacía de 9am a 10 am.</p> <p>En el horario propuesto se genera 1 desplazamiento de aproximadamente 30 minutos, en franja vacía.</p> <p>En cuanto a desplazamientos presenta una diferencia del 75% en cantidad, ya que pasa de 4 desplazamientos a 1 y en tiempo pasa de 60 minutos a cero minutos, mejorando 100%, sin contar el tiempo de los desplazamientos en franjas vacías.</p>
Continuidad de franjas	<p>Se programa con 14 materias</p> <p>Cuenta con 7 materias continuas, lo que representa el 50% de las materias en bloque</p>	<p>Se programa con 14 materias</p> <p>Cuenta con 12 materias continuas, lo que representa el 86% de las materias en bloque</p> <p>En el horario propuesto pasa presenta un mejora del 36% en continuidad de materias</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Horario original del profesor 1 para el periodo lectivo 2015-1.

DOCENTE 1

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00-8:00 A.M.	SISTEMAS DE INFO. HOTELERA 734AD SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 733AD SEDEF	GESTIÓN DE ALOJAMIENTO 732AD SEDEF			
8:00-9:00 A.M.	SISTEMAS DE INFO. HOTELERA 734AD SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 733AD SEDE F	GESTIÓN DE ALOJAMIENTO 732AD SEDE F			
9:00-10:00 A.M.				LEGISLACIÓN DEL TURISMO 735AD SEDEF		
10:00-11:00 A.M.		SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 233AD SEDE C		LEGISLACIÓN DEL TURISMO 735AD SEDEF		
11:00-12:00 A.M.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 737AD SEDE C	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 233AD SEDE C	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 233BD SEDE C			
12:00 M.-1:00 P.M.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 737AD SEDE C		SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 233BD SEDE C			
1:00-2:00 P.M.						
6:00-7:00 P.M.	SISTEMAS DE INFORMACION DE A Y B 73CAN SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 733AN SEDEF	SISTEMAS DE INFORMACIÓN HOTELERA 734AN SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 73BAN SEDEF		
7:00-8:00 P.M.	SISTEMAS DE INFORMACION DE A Y B 73CAN SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 733AN SEDE F	SISTEMAS DE INFORMACIÓN HOTELERA 734AN SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 73BAN SEDEF		
8:00-9:00 P.M.	GESTION ALOJAMIENTO 732AN SEDE F	SISTEMAS DE INFORMACIÓN HOTELERA 73AAN SEDE C	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 737AN SEDE C			
9:00-10:00 P.M.	GESTION ALOJAMIENTO 732AN SEDEF	SISTEMAS DE INFORMACIÓN HOTELERA 73AAN SEDE C	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 737AN SEDE C			

Fuente: Horario elaborado por la secretaria académica de los programas de Turismo

Tabla 13. Propuesta de Horario para el profesor 1 con base al resultado del modelo matemático

DOCENTE 1

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00-8:00 A.M.			LEGISLACIÓN DEL TURISMO 735AD SEDEF 5	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 233BD SEDE C		
8:00-9:00 A.M.			LEGISLACIÓN DEL TURISMO 735AD SEDE F 5	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 233BD SEDE C		
9:00-10:00 A.M.	GESTIÓN DE ALOJAMIENTO 732AD SEDEF 5					
10:00-11:00 A.M.	GESTIÓN DE ALOJAMIENTO 732AD SEDEF 5	SISTEMAS DE INFO. HOTELERA 734AD SEDE C	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 737AD SEDE C			
11:00-12:00 A.M.	SERVICIOS HOTELEROS 733AD SEDEF 9	SISTEMAS DE INFO. HOTELERA 734AD SEDE C	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 737AD SEDE C			
12:00 M.-1:00 P.M.	SERVICIOS HOTELEROS 733AD SEDEF 9	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 233AD SEDE C				
1:00-2:00 P.M.		SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 233AD SEDE C				
6:00-7:00 P.M.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN HOTELERA 734AH SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 733AH SEDEF 13	GESTION ALOJAMIENTO 732AH SEDEF	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 733AH SEDE C		
7:00-8:00 P.M.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN HOTELERA 734AH SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 733AH SEDEF 13	GESTION ALOJAMIENTO 732AH SEDEF	SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 733AH SEDE C		
8:00-9:00 P.M.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN HOTELERA 73AAH SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 73BAH SEDEF 3		SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 737AH SEDE C		
9:00-10:00 P.M.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN HOTELERA 73AAH SEDE C	SERVICIOS HOTELEROS 73BAH SEDEF 3		SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE A Y B 737AH SEDE C		

Fuente: Elaboración propia con base a resultados del modelo matemático

4.6.2.2. Profesor 2

Tabla 14. Comparación Horario real Vs Horario propuesto profesor 2

REFERENCIA	HORARIO REAL	HORARIO PROPUESTO
Franjas vacías	<ul style="list-style-type: none"> • .El lunes presenta solo una clase de 12m a 1pm. Lo que genera 5 franjas vacías en la mañana y asistencia a clase por una franja. 	<ul style="list-style-type: none"> • El lunes no programa clase • El martes presenta dos franjas vacías de 9am a 11am. • El día miércoles presenta dos franjas vacías de 10 am a 12m. • El horario real presenta 5 franjas vacías en un día y el propuesto 4 franjas en dos días. La ventaja del horario propuesto es que evita la asistencia del profesor a la institución por una franja de clase a medio día. El horario propuesto genera una diferencia del 20% en franjas vacías.
Desplazamientos	<ul style="list-style-type: none"> • El jueves presenta desplazamiento en la jornada nocturna en la franja de 8pm de la sede C a la sede F, la cual demoraría aproximadamente 30 minutos. Con clase continua. 	<ul style="list-style-type: none"> • El día martes genera un desplazamiento, de la sede C a la sede F, en la franja vacía de 9am a 11 am.

REFERENCIA	HORARIO REAL	HORARIO PROPUESTO
	<ul style="list-style-type: none"> • El viernes presenta desplazamiento en la franja de las 8 pm de la sede F a la sede C, el cual demoraría aproximadamente 30 minutos, con clase continua. • El sábado presenta desplazamiento en la franja de las 9am de la sede F a la sede C, el cual demoraría aproximadamente 30 minutos. • El horario original presenta tres desplazamientos, los cuales tomarían aproximadamente 90 minutos y están generados entre clases ubicada en franjas continuas, lo que provoca pérdida de clase y presión al profesor para desplazarse con mayor rapidez. 	<ul style="list-style-type: none"> • El día miércoles genera un desplazamiento, de la sede F a la sede C, en la franja vacía de 10am a 12m. • En el horario propuesto se generan 2 desplazamientos que toman aproximadamente 60 minutos, en franjas vacías. • En cuanto a desplazamientos presenta una diferencia del 33% al pasar de tres desplazamientos a dos desplazamientos. En cuanto a tiempo en el horario original se toma aproximadamente 90 minutos y en propuesto 0 minutos, lo que genera el 100% de mejora.
Continuidad de franjas	<ul style="list-style-type: none"> • Se programa con 11 materias • Se programa con 2 materias divididas en franjas, lo cual equivale al 20% de las materias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se programa con 11 materias. • Se programan todas las materias en franja. • El horario propuesto presenta mejora en la distribución de franjas de las materias generando el 100% de las materias en franjas continuas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Horario original del profesor 2 para el periodo lectivo 2015-1.

DOCENTE 2

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00-8:00 A.M.			GESTION DE AG. VIAJES 736AD SEDEF	SISTEMAS DE INFORMACION EN TURISMO 737AD LAB. 1SEDE C	FRONT OFFICE 214AD LAB. 1SEDE C	GESTION DE AG. VIAJES 73BAN SEDEF
8:00-9:00 A.M.			GESTION DE AG. VIAJES 736AD SEDEF	SISTEMAS DE INFORMACION EN TURISMO 737AD LAB. 1SEDE C	FRONT OFFICE 214AD LAB. 1SEDE C	GESTION DE AG. VIAJES 73BAN SEDEF
9:00-10:00 A.M.			GESTION DE AG. VIAJES 736AD SEDEF		FRONT OFFICE 214AD LAB. 1SEDE C	GESTION DE AG. VIAJES 73BAN SEDEF
10:00-11:00 A.M.			GESTION DE AG. VIAJES 215AD SEDEF		SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AD LAB. 1SEDE C	FRONT OFFICE 214AN LAB. 1SEDE C
11:00-12:00 A.M.			GESTION DE AG. VIAJES 215AD SEDEF		SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AD LAB. 1SEDE C	FRONT OFFICE 214AN LAB. 1SEDE C
12:00 M.- 1:00 P.M.	GESTION DE AG. VIAJES 215AD				SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AD LAB. 1SEDE C	FRONT OFFICE 214AN LAB. 1SEDE C
1:00-2:00 P.M.					SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AD LAB. 1SEDE C	
6:00-7:00 P.M.		SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AN LABORATORIO 1SEDE C		SISTEMAS DE INFORMACION EN TURISMO 737AN LAB. 1SEDE C		
7:00-8:00 P.M.		SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AN LABORATORIO 1SEDE C		SISTEMAS DE INFORMACION EN TURISMO 737AN SEDE C	GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJES 736AN SEDEF	
8:00-9:00 P.M.				GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJES 736AN SEDEF	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AN LABORATORIO 1SEDE C	
9:00-10:00 P.M.				GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJES 736AN SEDEF	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AN LABORATORIO 1SEDE C	

Elaborado por la secretaria Académica de los programas de Turismo

Tabla 16. Propuesta de Horario para el profesor 2 con base al resultado del modelo matemático.

DOCENTE 2						
HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00-8:00 A.M.		FRONT OFFICE 214AD LAB. 1SEDEC	GESTION DE AG. VIAJES 215AD SEDEF 9			SISTEMAS DE INFORMACION ENTURISMO 737AH LAB. 1SEDEC
8:00-9:00 A.M.		FRONT OFFICE 214AD LAB. 1SEDEC	GESTION DE AG. VIAJES 215AD SEDEF 9			SISTEMAS DE INFORMACION ENTURISMO 737AH LAB. 1SEDEC
9:00-10:00 A.M.			GESTION DE AG. VIAJES 215AD SEDEF 9	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AD LAB. 1SEDEC		FRONT OFFICE 214AH LAB. 1SEDEC
10:00-11:00 A.M.				SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AD LAB. 1SEDEC		FRONT OFFICE 214AH LAB. 1SEDEC
11:00-12:00 A.M.		GESTION DE AG. VIAJES 736AD SEDEF 5		SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AD LAB. 1SEDEC		FRONT OFFICE 214AH LAB. 1SEDEC
12:00 M.-1:00 P.M.		GESTION DE AG. VIAJES 736AD SEDEF 5	SISTEMAS DE INFORMACION ENTURISMO 737AD LAB. 1SEDEC	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AD LAB. 1SEDEC		
1:00-2:00 P.M.		GESTION DE AG. VIAJES 736AD SEDEF 5	SISTEMAS DE INFORMACION ENTURISMO 737AD LAB. 1SEDEC			
6:00-7:00 P.M.			SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AH LAB. 1SEDEC	GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJES 736AH SEDEF	GESTION DE AG. VIAJES 73BAH SEDEF	
7:00-8:00 P.M.			SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AH LAB. 1SEDEC	GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJES 736AH SEDEF	GESTION DE AG. VIAJES 73BAH SEDEF	
8:00-9:00 P.M.			SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AH LAB. 1SEDEC	GESTIÓN DE AGENCIAS DE VIAJES 736AH SEDEF	GESTION DE AG. VIAJES 73BAH SEDEF	
9:00-10:00 P.M.			SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN GLOBAL I 213AH LAB. 1SEDEC			

Elaboración propia con base a resultados del modelo matemático

4.6.2.3. Profesor 3

El profesor 3 con 9 franjas, tiene la particularidad de ser contrato cátedra, así que solo se encarga de algunas franjas y materias. La diferencia entre el horario real y el propuesto, es que el horario original lo compromete dos días a la semana, mientras el horario propuesto solo le exige un día para las nueve franjas.

Tabla 17. Horario original del profesor 3 para el periodo lectivo 2015-1

DOCENTE 3						
HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00-8:00 A.M.			TECNICAS DE MESA Y BAR TALLER DE SERVICIOS	TECNICAS DE SERVICIO DE A Y B 734AD		
8:00-9:00 A.M.			TECNICAS DE MESA Y BAR TALLER DE SERVICIOS	TECNICAS DE SERVICIO DE A Y B 734AD		
9:00-10:00 A.M.			TECNICAS DE MESA Y BAR TALLER DE SERVICIOS	TECNICAS DE SERVICIO DE A Y B 734AD		
10:00-11:00 A.M.						
11:00-12:00 A.M.						
12:00 M.-1:00 P.M.						
1:00-2:00 P.M.						
6:00-7:00 P.M.				TECNICAS DE MESA BAR Y CATERING 232AN		
7:00-8:00 P.M.				TECNICAS DE MESA BAR Y CATERING 232AN		
8:00-9:00 P.M.				TECNICAS DE MESA BAR Y CATERING 232AN		
9:00-10:00 P.M.						

Elaborado por la secretaria Académica de los programas de Turismo

Tabla 18. Propuesta de Horario para el profesor 3 con base al resultado del modelo matemático.

DOCENTE 3						
HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
7:00-8:00 A.M.				TECNICAS DE MESA Y BAR TALLER DE SERVICIOS		
8:00-9:00 A.M.				TECNICAS DE MESA Y BAR TALLER DE SERVICIOS		
9:00-10:00 A.M.				TECNICAS DE MESA Y BAR TALLER DE SERVICIOS		
10:00-11:00 A.M.						
11:00-12:00 A.M.				TECNICAS DE SERVICIO DE A Y B 734AD		
12:00 M.-1:00 P.M.				TECNICAS DE SERVICIO DE A Y B 734AD		
1:00-2:00 P.M.				TECNICAS DE SERVICIO DE A Y B 734AD		
6:00-7:00 P.M.				TECNICAS DE MESA BAR Y CATERING 232AN		
7:00-8:00 P.M.				TECNICAS DE MESA BAR Y CATERING 232AN		
8:00-9:00 P.M.				TECNICAS DE MESA BAR Y CATERING 232AN		
9:00-10:00 P.M.						

Elaboración propia con base a resultados del modelo matemático

4.6.2.4. Conclusión comparación horario real – horario propuesto.

Se puede concluir que en cuanto al desplazamiento, los horarios propuestos reducen en un 100% el desplazamiento de los profesores, lo cual es apoyado por la generación de franjas continuas que hacen los horarios más compactos para el profesor.

Se reduce la existencia de franjas vacías entre clases, conocidas como “huecos”, que provocan pérdida de tiempo para el profesor.

Esta propuesta permite que por ejemplo el profesor 2 termine su jornada laboral de los días jueves y viernes a las 9 pm, mientras que en el horario original termina labores a las 10pm.

Los horarios propuestos no permiten el cruce entre profesores, salones, ni materias del mismo semestre, la misma jornada y mismo programa.

Lo anterior permite concluir que la solución propuesta cumple con las restricciones generales que puede llegar a tener un modelo de *timetabling* y adicional cumple con las restricciones específicas para el presente modelo en estudio, el cual abarca una gran cantidad de elementos que lo hacen altamente complejo.

5. CONCLUSIONES

La presente investigación de programación de horarios y asignación de salones, aplicado específicamente a los programas de Turismo de la Corporación Universitaria UNITEC, es una propuesta altamente compleja por la variedad de elementos y restricciones que la acompañan.

La revisión de la particularidad de la institución permitió definir que el punto neurálgico de la optimización es el desplazamiento entre sedes, especialmente la de los profesores, quienes deben cumplir con la puntualidad de las sesiones de clase de las materias asignadas a su cargo.

La caracterización del proceso de programación de horarios y asignación de salones de los programas de Turismo de UNITEC, permitió identificar que los profesores, los salones, las materias, las franjas, los semestres y las jornadas de los días hábiles son los elementos claves para desarrollar el modelo de optimización que mejora el proceso. Estos elementos hacen que el modelo sea particular dentro de las investigaciones similares.

Se desarrolló el modelo matemático teniendo en cuenta los indicadores del proceso, generando los horarios de los profesores definidos para el proceso.

Se logra optimizar el tiempo de los profesores que deban desplazarse entre sedes que pertenecen a una institución universitaria, colaborando así a mejorar su calidad de vida y en este caso en particular brindarle seguridad evitando desplazamientos en el sector de la ciudad donde funciona la institución. Sin dejar atrás que las franjas vacías consecutivas también optimizan las labores de apoyo al programa.

Se detectó que el modelo deja más compactos los horarios en la medida que la disponibilidad del profesor y de las materias se hace más justa a las necesidades del resultado, esto se evidencia en la programación de las franjas nocturnas del profesor 1.

Entre los casos consultados, este modelo innova, ya que presenta la combinación de elementos como son franjas, grupos, semestres, programas, profesores, materias, salones, cada uno con variaciones específicas que hacen del modelo una herramienta factible para la optimización de generación de horarios que involucren desplazamientos por ser multisede.

El modelo puede proyectarse para la generación de horarios más extensos que busquen el mismo objetivo que la presente investigación

El modelo reduce el proceso, ya que asigna los salones simultáneamente a los otros elementos de la programación.

El modelo aplica para casos de optimización de desplazamiento como en el trabajo de médicos que deben desplazarse para realizar consultas, operaciones o asistencia médica; para asistencias técnicas como el servicio de televisión por cable; transporte especial como el de los discapacitados; asignación de proyectos para consultores; para el servicio de catering, es el ejemplo de otras tantas labores que generan la integración de variables similares a las trabajadas en esta investigación.

Se evidencia con el grupo 737AD que los resultados también favorecen a los semestres que cuentan con varias materias, ya que también evita el desplazamiento de los estudiantes, correspondiente al programa

académico de Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras, que el día miércoles le es programada clase de 10am a 12m de Sistemas de información de alimentos y bebidas con el profesor 1 y de 12m a 2pm sistemas de información de turismo con el profesor 2 ambas materias en el laboratorio de sistemas de la sede C. Este resultado no está previsto dentro del modelo y sería enriquecedor en futuras investigaciones, agregar la restricción para que los estudiantes también tengan continuidad en las sedes y en sus jornadas.

El modelo es viable y pertinente para aplicar en la programación de horarios y asignación de salones de una institución con varias sedes que genere desplazamientos entre ellas. Sería conveniente en futuras investigaciones enriquecerlo con la programación de las materias en bloque.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, S., Burke, E.K.: A multi-start large neighborhood search approach with local search methods for examination timetabling. In: The International Conference on Automated Planning and Scheduling (2006)
- Burke, E., Kingston, J., Werra, D. Applications to Timetabling In: Gross, J. and Yellen, J. Handbook of Graph Theory. 2004.
- Casey, S., Thompson, J. GRASping the examination Scheduling Problem. Practice and theory of automated timetabling IV. 2003.
- Esquivel, L., Modelo matemático para la programación de un horario escolar con multi-localización de docentes. Maestría en Ingeniería Industrial. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Septiembre 21 de 2014.
- Hernández, R., Miranda, J., Rey, P., Programación de horarios de clases, asignación de salas para la facultad de Ingeniería de La universidad de Diego Portales Mediante un enfoque de Programación entera. Revista Ingeniería de Sistemas, Volumen XXII, Año 2008.
- Lewis, R., A survey of Metaheuristic-based techniques for university timetabling problems. Cardiff Business School. 2007.
- Mejía Caballero, J., Paternina, C. Asignación de horarios de clases universitarias mediante algoritmos evolutivos. División de postgrados e investigaciones en ingeniería. Maestría en ingeniería industrial. Universidad del Norte. Barranquilla, Atlántico. 2010.
- Moreno, J. Herramienta de software para la asignación de las aulas y espacios físicos requeridos para la programación de asignaturas y grupos ofrecidos por cada una de las escuelas semestralmente en la universidad industrial de Santander. Bucaramanga, Santander. 2011.
- Torres, C., Programación de horarios y asignación de aulas de clases universitarias. Universidad de La Sabana, Chía, Cundinamarca. 2013.
- Pavón, S., Riera, D., Pastor, J. Estudi d'eines i algorismes de Timetabling Universitari a la UPC. Máster en programari Lliure. Universitat Oberta de Catalunya. 2013.
- Saldaña, A.,Oliva, C. Pradenas, L. Modelo de programación entera para un problema de programación de horarios para universidades. Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, Chile.
- Schaerf. A., Survey of automated timebling. Artificial Intelligence Review. 1999.
- Sutar, S. Bichkar, R. University timetabling based on hard constraints using genetic algorithm. Dr. Babasaheb Technological University Ambedkar. Maharashtra, India. 2012.

Otras fuentes:

Estructura orgánica de UNITEC. Disponible en:
http://www.unitec.edu.co/sites/default/files/archivos_adjuntos/IN-E-PI-01EstructuraorganicaUNITEC2011.pdf

PEI, UNITEC. Disponible en:
<http://www.unitec.edu.co/sites/default/files/archivos/Web%20%20Proyecto%20Educativo%20Institucional%20UNITEC.pdf>

Horarios y datos de los programas (2015-1). Dignory Vargas. Secretaria Académica.

Planos de la ubicación de la institución (2015). Mauricio Sánchez. Auxiliar de Comunicaciones.

Proceso de asignación de salones (2015-1). Karen Velasco. Analista de Planeación.

Información de matriculados 2015-1. Nathalia Hernández. Coordinadora de Promoción y Mercadeo.

Dimensiones físicas de la institución (2015). Néstor Mora. Coordinar de planta física.

Autorización para el desarrollo del proyecto (2015). Pablo Fuquen. Director de Autoevaluación y Acreditación.