



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
MAESTRÍA EN SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

BASES PARA EL DESARROLLO MODULAR DE UNA PLATAFORMA DE
INFORMACIÓN ESTRUCTURADA SOBRE UNA BASE GEOGRÁFICA DE LA CD.
DE MÉXICO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
RIOS ESPARZA GABRIEL ARMANDO

TUTOR
ESTHER SEGURA PÉREZ
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

FEBRERO 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

Introducción.....	1
Antecedentes.....	1
Hipótesis.....	7
Justificación	10
Alcances y limitaciones	13
Objetivos.....	14
Marco teórico y conceptual	15
Definición del problema.....	18
Teselado	25
Metodología de Asignación por Teselado Hexagonal (MATH).....	29
Desarrollo	39
Análisis del problema.....	39
Metodología de prueba.....	43
Definición de Atributos.....	49
Propuesta Heurística	56
Metodología de Teselado Hexagonal.....	67
Resultados.....	82
Conclusión	95
Referencias	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de flujo seguido por el programa.	18
Ilustración 2 Representación del procedimiento de asignación	22
Ilustración 3 A) Evaluación de recorrido externo e interno; B) En azul: Diferencia de área de la circunferencia externa VS Cuadrado; En gris: Diferencia de la circunferencia interna VS Cuadrado.....	26
Ilustración 4 Hexágonos circunscritos interna y externamente, con evaluación de error	27
Ilustración 5 Codificación a partir de puntos fijos.....	29
Ilustración 6 Número total de colonias por delegación (N), tamaño de la muestra (n) y distribución delegacional promedio.....	30
Ilustración 7 Transformación del área de figuras asimétricas a una circunferencia contenida por hexágonos	31
Ilustración 8 Paralelismo entre el plano geográfico con división colonial y el plano hexagonal	33
Ilustración 9 Ponderación de accesibilidad para líneas del metro	34
Ilustración 10 Muestra de resultados presentados por MATH	35
Ilustración 11 Relación de distancias. En amarillo: Centro hexagonal; En verde: Centro colonial; En morado: Origen-destino.....	38
Ilustración 12 Diagrama del procedimiento de generación de equipos	39
Ilustración 13 Diagrama del procedimiento de generación de grupos.	40
Ilustración 14 Proceso de categorización entre equipos y grupos.	42
Ilustración 15 Reasignación de elementos del equipo	42
Ilustración 16 Cuadro resumen de metodología de prueba (Ingreso - Asignación - Relación - Reasignación)	44
Ilustración 17 Procedimiento para la generación de equipos	45
Ilustración 18 Procedimiento para la generación de grupos	46
Ilustración 19 Procedimiento de asignación de la Metodología de Prueba	48
Ilustración 20 Transformaciones del atributo requisito a variables categóricas	49

Ilustración 21 Relación de atributos	50
Ilustración 22 Ejemplo de cortes de plano por categorías	51
Ilustración 23 Cadenas de atributos para cortes en coordenadas geográficas	52
Ilustración 24 Cadenas de atributos con cortes de celda en conjuntos	53
Ilustración 25 Cadenas de atributos de estudiantes y empresas	53
Ilustración 26 Cadenas de atributos de 50 estudiantes y 30 empresas	54
Ilustración 27 Generación iterativa de Equipos-Grupos.....	54
Ilustración 28 Equipos-grupos con cadenas de atributos, intercadenas y afinidad entre conjuntos.....	55
Ilustración 29 Registro de alumnos	57
Ilustración 30 Registro de empresas	58
Ilustración 31 Fase de creación.....	61
Ilustración 32 Distancia mínima entre nodos	64
Ilustración 33 Distancia máxima entre nodos.....	64
Ilustración 34 Procesamiento de información mediante Teselado Hexagonal	69
Ilustración 35 Planos coincidentes y no-coincidentes	70
Ilustración 36 Gráfica de Movimiento para hexágonos de apotema 3.5	71
Ilustración 37 Movimiento vertical	71
Ilustración 38 Movimiento horizontal	72
Ilustración 39 Movimientos hexagonales	73
Ilustración 40 Efectos de escalamiento sobre el teselado hexagonal	74
Ilustración 41 Proporciones del hexágono.....	75
Ilustración 42 Escalamiento del hexágono intercalado en lados y apotemas	77
Ilustración 43 Ubicación de vértices mediante coordenadas para un hexágono de apotema tres.....	79
Ilustración 44 Paralelismo entre el plano geográfico con división colonial, coordenadas geográficas y teselado hexagonal	80
Ilustración 45 Metodologías y casos de evaluación	82
Ilustración 46 Gráfico comparativo de distancia entre MP y MTH	85
Ilustración 47 Gráfico comparativo de carrera entre MP y MTH	86
Ilustración 48 Gráfico comparativo de turno entre MP y MTH	87

Ilustración 49 Gráfico comparativo de distancia entre MP y MTH (Escenario 2)	89
Ilustración 50 Gráfico comparativo de carrera entre MP y MTH (Escenario 2)	89
Ilustración 51 Gráfico comparativo de turno entre MP y MTH (Escenario 2).....	90
Ilustración 52 Gráfico comparativo de distancia entre MP y MTH (Escenario 3)	92
Ilustración 53 Gráfico comparativo de carrera entre MP y MTH (Escenario 3)	93
Ilustración 54 Gráfico comparativo de turno entre MP y MTH (Escenario 3).....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Área y perímetro promedio de colonias por alcaldías	31
Tabla 2 Muestra del reporte de resultados de asignación de equipos-grupos.....	35
Tabla 3 Comparativo de indicadores obtenidos por MATH y la Asignación Original para el periodo 2016-2.....	36
Tabla 4 Comparativo de distancias del sistema MATH	37
Tabla 5 Listado de evaluaciones de los mejores.....	63
Tabla 6 Distancias y centroides	65
Tabla 7 Distancias de las combinaciones	65
Tabla 8 Métricas de variación en apotemas.....	78
Tabla 9 Determinación de Coordenadas Geográficas para variaciones de apotemas	80
Tabla 10 Resultados obtenidos por las metodologías con datos del problema original	83
Tabla 11 Resultados de los 10 casos del primer escenario	84
Tabla 12 Resultados obtenidos en orden descendente.....	86
Tabla 13 Resultados de los 10 casos del segundo escenario	88
Tabla 14 Resultados obtenidos en orden descendente (Escenario 2)	90
Tabla 15 Resultados de los 10 casos del tercer escenario	92
Tabla 16 Resultados obtenidos en orden descendente (Escenario 3)	94

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En la tesis “Optimización de asignación del personal entre grupos de apoyo y empresas, caso: DGOSE UNAM” de 2016, se presentó un problema observado en el programa de servicio social de la Dirección General de Orientación de Servicios Escolares (DGOSE), denominado “Impulso al desarrollo de empresas sociales” (IDES) dentro del cual brindan asesorías a compañías y emprendedores del rubro de Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyME) con registro en la Ciudad de México. Estudiantes pertenecientes a diferentes facultades de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) integran grupos interdisciplinarios dedicados a diagnosticar, proponer y resolver los problemas presentados o encontrados dentro de las empresas, con la finalidad de que obtengan una calificación positiva y se les permita acceder a un crédito al Fondo de Desarrollo Social (FONDESOS).

Dentro de cualquier esquema laboral se definen dos actores que coexisten, cuyas características delimitan y regulan la relación que existe entre ellos:

- El especialista. Elemento con habilidades y aptitudes necesarias para realizar el trabajo requerido
- La empresa. Ente con requerimientos, maquinaria y materia prima básica necesaria para generar un producto

Para el outsourcing o consultorías de este tipo surge un tercer elemento que regula la dinámica entre ambas partes, definido como la institución o intermediario:

- La Institución. Intermediario entre el personal capacitado y las empresas, cuya función consiste en la búsqueda, selección y asignación de recursos humanos a compañías con requerimientos específicos

Desde la perspectiva de la institución, el principal problema consiste en la asignación de los estudiantes a las empresas, con diferentes características categóricas en ambos. Se desarrollan

diferentes soluciones propuestas para mejorar el tiempo de asignación y se definen indicadores que supondrían la evaluación de una buena asignación. Finalmente, se obtiene una nueva metodología multicriterio capaz de resolver el problema de asignación teniendo como directrices la minimización de la distancia y la relación coincidente de atributos.

El sistema de búsqueda de la institución para estudiantes consiste en la publicación de convocatorias semestrales con asistencia física a entrevistas para definir su viabilidad como servidores sociales en el proyecto de consultoría.

Paralelamente, se generan dos convocatorias para la búsqueda de empresas interesadas en recibir consultorías:

- La primera es enviada a través de FONDESOS para un subprograma de empresas que requieren de una validación de los procesos que llevan a cabo para obtener acceso a un crédito destinado a MiPymes. FONDESOS entrevista previamente a las empresas para determinar sus necesidades y objetivos, los cuales son presentados a la institución.
- La segunda es publicada en la gaceta de la universidad para la entrada de empresas interesadas en recibir apoyo mediante asesorías en diversos temas. Son entrevistadas por la institución para recabar información relativa a sus requerimientos, resumiendo datos importantes para la asignación

La entrada al programa de empresas provenientes de FONDESOS es obligatoria, limitando la entrada de MiPymes exteriores a la diferencia con respecto al máximo aceptado por la institución. Los equipos multidisciplinarios deberán estar conformados por al menos una empresa proveniente de FONDESOS y asesores técnicos provenientes de diferentes carreras.

Una vez aceptados los asesores técnicos y las empresas se genera un catálogo con las características de ambos, a partir del cual se inicia la asignación de equipos. Originalmente la asignación se realizaba mediante fuerza bruta, buscando lentamente entre las carreras de los asesores conforme se unían al programa, analizando manualmente la coincidencia entre las solicitudes de las empresas para determinar la viabilidad de generación de grupos. Una

iteración del proceso contempla la asignación de alumnos a equipos y empresas a grupos, calificando la relación de los equipos con los grupos, definiendo la eficacia de la iteración en comparación con otras.

La relación social entre ambos y el diagnóstico se evalúa durante un periodo de prueba para definir si es adecuada. Los consultores realizan evaluaciones sobre el área de trabajo, procesos y problemáticas expresadas por las empresas, con la finalidad de generar un plan de trabajo para ser solventado durante la duración del programa. En caso de que los consultores detecten otras problemáticas de mayor impacto, se informa a las empresas y a la institución de su existencia para definirlo como nuevo objetivo, eliminar otro objetivo y situar el nuevo como prioritario.

En los primeros periodos, la asignación se realizaba en menor tiempo porque no se requería de gran capacidad ni se almacenaban o analizaban datos, la asignación era dependiente únicamente del tiempo de llegada de la solicitud. Con la evolución del programa, comenzaron a incorporarse más miembros tanto del personal como de empresas, aumentando el tiempo destinado a la asignación; sin una metodología definida, la generación de equipos por fuerza bruta incrementó la visibilidad de los errores cometidos por la falta de análisis de las características de los individuos, afectando la efectividad del programa.

De la observación del funcionamiento básico del programa, se detectaron algunas situaciones que afectaban la efectividad del programa:

- I. Inexistencia de coincidencia entre los requerimientos de las empresas y los objetivos de los asesores técnicos, por asignación deficiente, falta de experiencia de los consultores o inexactitud en la descripción los requerimientos de las empresas.
- II. Asignación de distancias deficiente. Priorización de la solicitud de carreras realizada por las empresas sin evaluación de ubicaciones, incrementando la distancia en transporte.
- III. Asignación de turnos deficiente. Preferencia a la relación de otros atributos pese a la definición de horarios preferentes para realizar la asesoría, generando casos de horarios no coincidentes.

- IV. Relación inadecuada entre integrantes de equipo. La pluralidad de ideas entre diferentes carreras ocasiona conflictos sobre la toma de decisiones para el desarrollo de soluciones, generando en algunos casos, la división de esfuerzos individualizados en lugar de un esfuerzo común.
- V. Relación inadecuada entre asesores y empresas. En algunos casos se detectó la actitud de las empresas ante los consultores como empleados temporales gratuitos, así como el desinterés de los asesores debido a un pago insuficiente.

Tres de los puntos anteriores pueden ser resueltos mediante la elaboración de una metodología de asignación adecuada. El cuarto se consideró como un elemento asociado al aprendizaje en trabajos multidisciplinarios y el quinto como un problema de índole cultural, por lo que resultaban externos a cualquier metodología referente a la asignación.

Los proyectos requieren la revisión continua de planes de trabajo para definir si las partes se encuentran de acuerdo o se requieren nuevos cambios. Directa e indirectamente se presentan abandonos del programa, generando la necesidad de una reasignación de los elementos sobre los equipos previamente formados. Para sustituir los espacios abandonados, se utiliza el listado de atributos de estudiantes entrevistados no aceptados, de no existir elementos dentro del listado con atributos relevantes, se permite que el equipo reduzca la cantidad de objetivos con el número de integrantes restantes. Debido a consideraciones de complejidad no se utilizaba la totalidad de la información del listado de atributos obtenidos a través de las entrevistas.

Durante la intervención se modificó el manejo de formatos para facilitar y garantizar la obtención de información para reestructurarla dentro de las consideraciones a tomarse para el desarrollo de la asignación.

Para generar soluciones capaces de eliminar o reducir los efectos negativos de una asignación deficiente, se desarrolló una metodología capaz de solventar los puntos antes mencionados, considerando:

- Los turnos disponibles reportados por los integrantes del programa y los tiempos de disponibilidad de las empresas para recibir asesorías
- Las carreras solicitadas por las empresas, requerimientos y carreras de los estudiantes seleccionados como asesores técnicos;
- Las ubicaciones de las empresas y los consultores.

Entre otras, se propusieron y analizaron: el desarrollo del modelado matemático del problema, la aplicación de algoritmos utilizados en la asignación y experimentos empíricos para desarrollar una metodología a partir de visualizaciones gráficas y análisis de datos. La experimentación con otros tipos de metodologías (valoraciones visuales a partir de la posición geográfica de los agentes y los destinos, utilización de bases de datos, codificación de zonas, y sus combinaciones), generó un método híbrido que combinaba diversas ventajas de ellas.

La metodología desarrollada se denominó “Metodología de Asignación por Teselado Hexagonal (MATH)”, utilizando la forma de un teselado¹ regular para asociar las características necesarias. La MATH, consiste en combinar la información de diferentes fuentes en un sólo teselado, capaz de comparar datos geográficos, estadísticos, demográficos o de cualquier tipo de una manera sencilla, rápida y con mayor flexibilidad con respecto a otros métodos evaluados. Su forma gráfica se basa en el establecimiento de un teselado regular sobre un mapa para diseñar una unidad geográfica uniforme en todo el plano, permitiendo establecer una serie de datos dentro de cada una de las figuras que conforman el teselado para facilitar la comparación por cada una de ellas, considerando principalmente la asociación entre el desplazamiento de grupos de trabajo y empresas, en conjunto con una ponderación asociada a la accesibilidad de los puntos de inicio y fin a través de diferentes niveles.

¹ Serie de figuras regulares unidas por algunas de sus aristas a otras figuras regulares para lograr cubrir un plano sin sobreposiciones entre figuras

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología fueron resumidos en 4 indicadores de mejora sobre la asignación original realizada por la DGOSE y la propuesta presentada por MATH:

- I. Relación de distancias entre elementos. Referida a la suma total entre cada consultor con las empresas asignadas.
- II. Relación de asignaciones referentes al horario. Coincidencia exacta de horarios definidos para la atención dadas las tres variantes: Matutino, Vespertino y Mixto, bajo la consideración del turno mixto con apertura hacia los dos horarios restantes
- III. Malas asignaciones por objetivo. Relación entre los objetivos solicitados por las empresas y las carreras de los estudiantes.
- IV. Tiempo de procesamiento. Tiempo para realizar la asignación, considerando jornadas laborales de 8 horas.

Hipótesis

El sistema puede desarrollarse hacia la evaluación de múltiples datos contenidos en un espacio geográfico basados en la división del mismo, mediante una serie de celdas hexagonales, obteniendo la capacidad de evaluar y relacionar el contenido dentro de ellas. De manera análoga, las celdas se comportan como elementos de contención de datos codificados, sobre las cuales se pueden aplicar diferentes algoritmos para analizar y explotar la información contenida.

El funcionamiento lógico de MATH se basa en una serie de valoraciones automatizadas de las tres características inicialmente propuestas (DHC: Distancia, Horarios, Carreras), establecidas bajo **programación de acceso**², considerando de forma binaria la asignación de ciertos agentes a alguna empresa, generando valores asociados a la distancia y accesibilidad ponderada de los elementos que cumplen las condiciones, reduciendo considerablemente el espacio factible de asignaciones posibles, limitando la decisión de asignación final al usuario.

En el estudio de 2016, se establecieron medidas a ser tomadas en cuenta para trabajos futuros:

1. Evaluación del error presentado por MATH para el desplazamiento
2. Revisión de la escala definida para el tamaño de celdas para incrementar la capacidad descriptiva del sistema.

El estado actual de la estructura requiere una reevaluación de su funcionamiento general a partir de la creación de diferentes escenarios mediante el uso de simulación discreta. Se propone analizar su capacidad con cantidades variables en ambos grupos y variabilidad de los atributos basado en información real, se prevé analizar algunos factores del sistema como:

- Capacidad de procesamiento del sistema
- Errores mostrados por el sistema

² **Programación de acceso** (Concepto propio), referente a la capacidad del sistema para controlar el flujo del algoritmo basado en criterios de aceptación para diferentes niveles de información.

Se desarrollará una modificación en la lógica del sistema, transfiriendo la información de una metodología de asignación hacia una propuesta de plataforma de bases de datos contenidas en diferentes niveles a partir del reacondicionamiento de los módulos desarrollados para MATH. La investigación y desarrollo para la nueva plataforma consistirá principalmente en la creación de un modelo o modelos para el funcionamiento interno del nuevo sistema. Se procurará la conformación unitaria de las celdas buscando una nueva codificación de su contenido, facilitando la evaluación de los atributos. Se requiere implementar una mejora en la relación de información o comunicación entre las celdas, por lo que se propone la definición y estudio de dos conceptos:

- ***Comunicación Interna de la Celda (CIC)***. Búsqueda de patrones o relaciones entre información contenida en el mismo espacio, pero en diferentes niveles.
- ***Comunicación Externa de la Celda (CEC)***. Búsqueda de patrones o relaciones entre información contenida en espacios diferentes, ya sea en niveles similares o diferentes.

De manera complementaria, se considera la posibilidad de escalamiento de celdas, es decir, el contenido de un tamaño predefinido pueda asociarse a otras de menor o mayor tamaño integrando su información contenida, generando una ***super-celda***, de manera similar a su aplicación sobre la teoría de redes y manejo de flujos (Liers & Pardella, 2011).

Una plataforma de este tipo tiene la intención de transformar elementos observados como una red con múltiples niveles de información para determinar la existencia de una conexión entre los datos procesados y los causantes necesarios para propiciar un efecto deseado, estructurando un árbol capaz de mostrar la relación de causas-efectos a nivel macroscópico, tras la evaluación de una serie de indicadores asociados a las decisiones.

Se propone establecer una conexión de los datos con un sistema de Información Geográfico para aumentar las capacidades de evaluación en un espacio real, aumentando a su vez la precisión asociada a los traslados realizados por un usuario.

Se recomienda la búsqueda de un modelo, preferentemente heurístico, dadas las características del problema base (asignación de consultores) para la conformación de los equipos de trabajo.

Para evaluar el funcionamiento de los objetivos anteriores, se utilizará la misma información usada durante la evaluación del periodo 2016-2 del programa de servicio social para resolver el problema de asignación.

Justificación

Existen diversos artículos que han incrementado las capacidades, restricciones y características de los problemas de localización y asignación, trabajando sobre variables únicas a mejorar, principalmente costo, distancia o tiempo. (Boonmee, Mikiharu, & Asada, 2017). Sin embargo, la cantidad de artículos sobre la mejora de una característica en su mayoría no logra percibir las necesidades actuales (Nahm, Ishikawa, & Yang, 2007). Los estudios requieren una visión más completa, observando el contexto sobre el que se desenvuelven y determinando la existencia de elementos externos o atributos adicionales que perjudican el comportamiento del objeto estudiado. (Setiawan I. , Mahmud, Mansor, Shariff, & Nuruddin, 2004). Con información dinámica actualizada se pueden generar modelos más eficientes (Inturri, y otros, 2018). La operación de los sistemas dinámicos implica el uso de algoritmos especializados, buscando heurísticas que puedan encontrar la solución dado un tiempo computacional definido. Las características de un problema son diferentes y las soluciones de los algoritmos para problemas estáticos no son viables o satisfactorios al desarrollarlos sobre problemas dinámicos, los cuales usualmente consideran el involucramiento de información estocástica como información conocida de manera preliminar con algún grado de incertidumbre, por ejemplo, la distribución espacial o temporal de la demanda de un servicio previo a los requerimientos del cliente, soportando las suposiciones del problema con sistemas altamente inteligentes (Marco, 2005).

Otros estudios consideran varios elementos de interés para establecer una evaluación multicriterio, la cual condensa múltiples atributos en ponderaciones, facilitando el procesamiento de información y la búsqueda de soluciones (Kerr & Nanda, 2013) (Brownell & Kerr, 2012). Las evaluaciones de este tipo requieren una serie de indicadores o calificadores específicos que funcionaran como llave de solución para cada problema, que puede variar entre diferentes usuarios, generando espacios de solución alternos. Es raro que las respuestas sean valuadas idénticamente por parte de diferentes usuarios, cada uno define

diferentes perspectivas a través de su nivel de aptitud, conocimientos y habilidades (Bessaris, 2009).

La información resulta separada de la realidad, eliminando de manera implícita patrones de funcionamiento o de relación con otros atributos o situaciones directamente causales o causantes, las técnicas solo toman en consideración algunos atributos específicos, sin considerar otros que pueden producir efectos domino. Se ha utilizado lógica difusa como herramienta, aunque permanecen dudas en cuanto su aplicabilidad en consideración con las dificultades presentadas al definir demasiadas reglas, complejidad asociada y funciones de acceso exigidas por la metodología. (Braglia, 2000)

Se han realizado pocos estudios que intentan representar la vaguedad e incertidumbre, estableciendo la necesidad de métodos para manejar múltiples niveles en la toma de decisiones. (Liao, Xu, & Xu, 2014). Bajo la definición de la complejidad como incertidumbre, el paradigma de la no complejidad asume la inexistencia relativa de la misma, ya que está compuesta de patrones no considerados mas no desconocidos.

La unión entre estudios únicamente se ha realizado de manera teórica, construyendo artículos de manera piramidal a partir del desarrollo de investigaciones realizadas previamente sin la evaluación completa de datos asociados a ellos. Comúnmente, los trabajos conjuntos mediante artículos se basan en la extracción de bases de datos masivas de control bibliográfico, sin existir realmente una unión de la información destinada a la mejora de los sistemas, si no a una recreación de los experimentos bajo diferentes parámetros para aplicar mejoras asociadas directamente a los estudios mas no necesariamente a la realidad. El funcionamiento de este sistema teóricamente permite la recreación de algoritmos similares a diferentes tipos de situaciones bajo la utilización de reportes que declaran las condiciones del entorno, la metodología utilizada y las consecuencias directas obtenidas. En general no existe una plataforma de investigación, los investigadores realizan sus estudios individualmente por lo que desarrollos sistemáticos en gran escala son difícilmente realizables y no es posible comparar sus ideologías, metodologías y resultados con otros, sin criterios o métricas en común. (Ling, Chen, & Lu, 2010). Los sistemas de información comprenden un amplio

dominio y no siempre es fácil determinar cuándo otra disciplina inicia. El estudio de un mismo fenómeno a través de múltiples disciplinas puede beneficiar considerablemente las investigaciones futuras de todos, por lo que es importante adoptar pluralidad y diversidad en la investigación (Cavaye, 1998).

Las bases bibliográficas son una adaptación categórica, mediante la unión de reportes de temas similares, sin existir un seguimiento real ni comunicación entre investigaciones alternas o una evaluación completa de la forma en la que estos algoritmos afectan la realidad bajo diferentes circunstancias, dejando que los investigadores administren la comunicación directa con otros y el manejo de las variables de conformidad a su conocimiento relativo, generando ventajas en la recreación creativa del problema pero también desventajas al no generarse métricas o registros de las consecuencias asociadas.

Las instituciones y gobiernos también realizan investigaciones y desarrollos de manera aislada, bajo una óptica relativa que no permite la unificación de los diferentes criterios que permitirían generar mejoras integrales. Con una población mundial continuamente creciente, las ciudades enfrentan nuevas problemáticas que no habían sido consideradas inicialmente dentro de la planeación urbana. El espectro completo de soluciones es tan amplio que su propio seguimiento genera la necesidad de instituciones especializadas que clasifiquen y evalúen si los resultados son adecuados, requieran cambios o son perceptibles de mejoras.

La injerencia de la administración pública ha creado nuevas polarizaciones que han tendido a priorizar ganancias y costos políticos, desechando otros tipos de indicadores. Un continuo crecimiento poblacional con medidas pobres para solventar los problemas que se presenten y con un desarrollo de indicadores funcionales limitado, resulta altamente vulnerable a decisiones arbitrarias, sin capacidad para aprender, rastrear o analizar las medidas aplicadas.

Es necesario crear una plataforma orientada hacia la evolución de la información, facilitando la capacidad de evaluarla utilizando simulación para procurar el reacondicionamiento de los cambios realizados sin alterar la realidad. El sistema deberá ser capaz de almacenar, ordenar, controlar, explotar y comunicar de manera integral la información proveniente de diferentes fuentes. La presente tesis propone que dicho sistema se cimiente de forma modular, iniciando

una construcción simple del espacio físico, antes de implementar medidas para la representación abstracta, capaz de analizar niveles de información codificada proveniente de diferentes fuentes y definir nuevas soluciones a problemas similares.

Para definir métricas de avance hacia este objetivo, se utilizará el problema que generó la ideología detrás de MATH, así como la aplicación de un crecimiento hacia la resolución de otro tipo de problemas, definiendo si es factible la aplicación de otros tipos de algoritmos sobre el mismo sistema o si en su caso, se requieren de nuevas modificaciones modulares. Para poder alcanzar el nivel deseado de procesamiento de información, también se deberán realizar pruebas a la base misma del sistema, observando su funcionamiento y parámetros iniciales, siendo este el principal objetivo del proyecto.

Alcances y limitaciones

El alcance espacial del proyecto se limitará a la Ciudad de México, utilizando datos recopilados para el problema de asignación del 2016 y acondicionando los últimos datos disponibles del INEGI. El alcance técnico del proyecto se limitará a resolver el problema de asignación, considerando la estructura base para la resolución de otros problemas a futuro.

Se requiere una investigación y desarrollo profundo para alcanzar el nivel deseado del sistema. El proyecto se basará en la conversión de la metodología empírica a un modelo con mejores herramientas de procesamiento de información y diseño.

Se mantendrá el manejo de tres niveles de atributos conforme al proyecto MATH original (DHC). Buscando en la implementación de otros algoritmos, soluciones alternas que puedan ser consideradas o incluidas modularmente dentro del sistema.

Para la evolución del sistema hacía una plataforma de información concentrada, se utiliza como indicador de avance el problema de asignación de consultores a empresas.

Objetivos

- Establecer los fundamentos para una plataforma orientada hacia el manejo eficaz de la información.
- Definir mediante conceptos simples la ideología detrás de la metodología MATH.
- Evaluar la asociación entre diferentes escalas aplicadas a las celdas y su relación con otras celdas adyacentes.
- Crear un modelo para el procesamiento interno del sistema, capaz de procesar las variables definidas por el problema de asignación.
- Restructurar la codificación para facilitar el procesamiento de información, asociando códigos únicos a las celdas para la contención de información.
- Redefinir los estados de error ante teselados cuadrados y hexagonales.
- Reevaluar el funcionamiento general del sistema a partir de la creación de diferentes escenarios mediante el uso de simulación, analizando:
 - Capacidad con cantidades variables entre ambos grupos y modificando la variabilidad de los atributos.
 - Capacidad de procesamiento del sistema.

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

A cada recurso puede ser asociado una lista de atributos con relaciones positivas o negativas con otros elementos, los cuales, bajo criterios predefinidos pueden ser regulados por los usuarios, buscando la maximización de utilidades o minimización de efectos negativos de acuerdo con los criterios definidos. El problema de asignación de recursos busca asociar cualquier par de elementos con métricas de atributos específicos, a través de la comparación entre ellos para lograr las condiciones requeridas. La asignación de recursos no se limita a recursos materiales o maquinaria, puede ser aplicada a recursos como tiempo o personal para acelerar la aproximación a ciertos objetivos, otros casos requieren definir indicadores que describan una escala a partir de la cual hacer una comparación.

Una definición clásica de problemas de asignación requiere la existencia de un balance entre cantidades de recursos a asignar, buscando a través de un solo criterio dada la complejidad asociada a una examinación paralela de múltiples espacios de información. En escenarios reales esta simetría es difícil de encontrar, para acondicionar los datos se requiere seleccionar y seccionar algunos elementos para forzar el balance, existiendo la posibilidad de crear una conexión dañina con otras relaciones dentro de un macro-sistema.

El manejo de recursos humanos es una instancia del problema de asignación, en donde, los recursos no pueden ser consumidos o manufacturados, pero pueden producir activamente y reaccionar con su contexto. Haciendo esto, cada elemento es capaz de procesar situaciones de diferentes maneras, teniendo una amplia variedad de objetivos y atributos personales los cuales pueden o no ser controlados por ellos.

Es necesario establecer un elemento mediador entre la organización, objetivo común y el individuo, capaz de analizar la relación entre ellos con una visión multidisciplinaria capaz de adaptar y aplicar de manera flexible técnicas ante cambios constantes. El proceso considera la búsqueda, calificación, selección y asignación de recursos humanos, basado en su experiencia y desarrollo profesional en diferentes áreas de una o múltiples compañías. Rara

vez la ubicación y otras características del personal son consideradas, reduciendo su efectividad.

Para la entrada a cualquier área, el proceso general para la administración de recursos humanos contempla que el elemento mediador debe evaluar a los candidatos para determinar si sus atributos y objetivos son similares a los de la empresa. Con este fin, se han generado diversas fuentes para la búsqueda de candidatos, creándose un mercado de recursos humanos, en donde se puede simplificar su clasificación entre ocupados o disponibles. El mediador puede buscar activa o pasivamente a través del mercado.

En una búsqueda pasiva, comúnmente se utilizan:

- Bases de datos de individuos que han sometido previamente su aplicación.
- Recomendación de otros empleados
- Contacto con universidades
- Ferias de trabajo
- Acuerdos con otras compañías
- Avisos en periódicos o medios digitales
- Espera pasiva de interesados

En la búsqueda activa, el mediador investiga y evalúa la información de bases de datos de candidatos ocupados o potenciales de primer acceso para contactar con ellos con una oferta, logrando que el recluta tenga más afinidad a los atributos y objetivos de la compañía.

La aproximación pasiva es la más utilizada, dejando la búsqueda activa a compañías más especializadas dado su costo asociado.

Terminado el proceso de búsqueda y evaluación, se comienza con la selección entre candidatos evaluados, comparando los resultados de las entrevistas, pruebas y análisis de atributos para definir qué candidato es más apropiado. En este procedimiento, pueden ser encontrados principalmente dos casos asociados al número de candidatos evaluados:

- La población de candidatos es limitada o insuficiente, requiriendo incrementar el área de búsqueda o limitar los espacios disponibles.
- La población de candidatos es mayor que la disponibilidad de espacios. El procedimiento de selección deberá ahondar en los resultados obtenidos de cada individuo, categorizándolos de acuerdo con sus resultados.

Sea cual sea la fuente, tipo de búsqueda seleccionada, cantidad y calidad de la selección, se generarán costos asociados a la localización, evaluación, clasificación, selección, reclutamiento, documentación y asignación, por lo que es altamente recomendable el uso de bases de datos actualizadas de candidatos evaluados por el o los mediadores para evitar la duplicidad de esfuerzos. (Chiavenato, 2007)

Para la salida de algún miembro o la identificación de un incremento en la rotación del personal, el mediador deberá determinar las causas y definir si su origen corresponde a:

- Problemas del empleado con su ambiente.
- Políticas negativas de la empresa o área.
- Error en la definición o relación de atributos en ambas partes.

Un número creciente de compañías descentralizan las actividades del elemento mediador, contactando instituciones especializadas que trabajaran como intermediarios entre la compañía y personal capacitado, comúnmente indexado en un catálogo que especifica sus habilidades, experiencia, capacidades, aptitudes e intereses de desarrollo profesional para su asignación en diferentes áreas de una compañía o múltiples. Dentro de este sistema, las compañías externalizan su necesidad de encontrar recursos humanos calificados con una lista de requerimientos, atributos deseados y perfil de trabajo; los recursos humanos proveerán su perfil, de manera directa o indirecta mediante bases de datos, redes laborales o bolsas de trabajo, buscando incrementar su visibilidad a compañías contratantes dependiendo del algoritmo de búsqueda de la institución especializada.

Definición del problema

Las principales entradas del programa de servicio social están concentradas en dos poblaciones:

- P_E : Estudiantes con requerimientos suficientes para unirse al programa de servicio social interesados en apoyar MiPymes.
- P_M : MiPymes con requisitos administrativos suficientes para acceder al programa interesados en recibir apoyo de estudiantes universitarios.

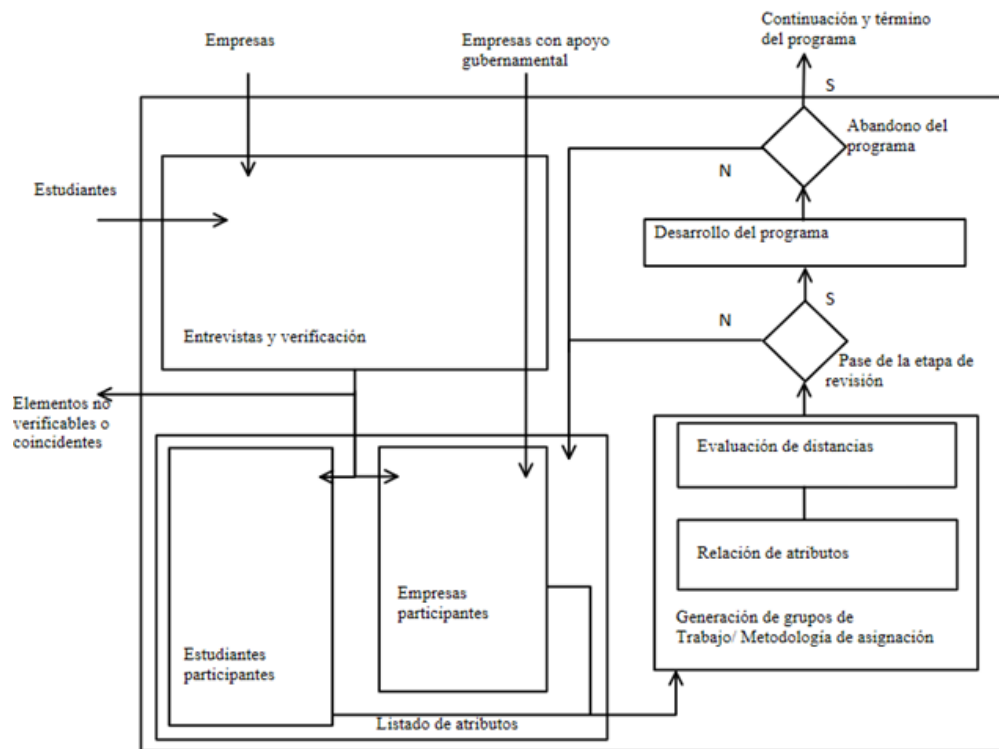


Ilustración 1 Diagrama de flujo seguido por el programa.

Ambos grupos sufren cambios cada seis meses dada la duración del programa, reiniciando los procedimientos de búsqueda, evaluación, selección y asignación dada una política de no-

continuidad. Se espera una fluctuación en la tasa de llegada de elementos con diferentes características, incrementando la complejidad de una estructura estable de asignación entre ambos grupos.

Para incrementar la tasa de llegada y promover la estancia de los estudiantes, el programa ofrece remuneración económica para cubrir sus costos de transporte y alimentación.

El umbral de integración de consultores se establece mediante el presupuesto semestral para la contratación, limitado a 50 consultores. Para las empresas se basa en una política generada a partir de la observación de periodos anteriores y la capacidad de atención de la coordinación a las empresas participantes, estipulando 30 empresas.

La terminología utilizada para una mejor comprensión del problema denomina a los equipos multidisciplinarios de estudiantes como *equipos* y al conjunto de empresas como *grupos*. La relación entre los *equipos-grupos* establece:

- Equipos:
 - Máximo 5 consultores, con diferentes carreras
 - Mínimo 3 consultores, con diferentes carreras
- Grupos:
 - Máximo 3 empresas, con requerimientos similares
 - Mínimo 2 empresas, con requerimientos similares

En caso de que la demanda de carreras no pueda ser satisfecha por la oferta seleccionada, se permite la repetición de carreras dentro del mismo equipo.

La tasa de llegada fluctuante de empresas, estudiantes y sus características, definen la necesidad de procedimientos que deben ser cumplidos antes de comenzar con el problema de asignación. La conexión entre la institución intermediaria y una entidad gubernamental genera dos clasificaciones para las compañías:

- Preevaluadas por la institución de gobierno, con pase directo a la asignación

- Acceso por convocatoria al programa, entrevistadas e investigadas para definir su necesidad y viabilidad.

En caso de alcanzar el límite máximo de acceso, los elementos restantes pueden quedar en espera hasta el siguiente periodo.

Las poblaciones entran a un proceso de entrevista y verificación de información, adquiriendo una lista de atributos, para ser utilizados en la selección de los participantes del programa y lista de espera. Un mes previo al inicio de las entrevistas, se utiliza una búsqueda pasiva: generando un aviso a través del periódico universitario y medios sociales.

El proceso de entrevistas dura dos semanas, adquiriendo información:

- De los estudiantes sobre:
 - Desarrollo académico,
 - Horario de disponibilidad
 - Preferencia de punto de origen (Universidad o domicilio).
- De las MiPymes sobre:
 - Ubicación
 - Horario de disponibilidad
 - Documentación de identificación
 - Dos a cinco problemáticas que busquen resolver con el apoyo de los estudiantes.

Para el problema se consideran 3 atributos de los consultores y de las empresas:

- *Atributo Ubicación/Distancia:* Ubicación inicial y destino
- *Atributo Horario:* Turnos de atención y de asistencia.
- *Atributo Carrera:* Carrera estudiada y solicitada.

Dos de los atributos son considerados categóricos, ya que solo pueden caer dentro de posibles clasificaciones:

- Turnos:
 - Matutino (Disponibilidad de 08:00 a 13:00 hrs.),
 - Vespertino (13:00 – 18:00)
 - Mixto (Disponibilidad Total)
- Carreras:
 - Administración
 - Actuaría
 - Ciencias de la Comunicación
 - Contaduría
 - Derecho
 - Diseño y Comunicación visual
 - Economía
 - Ingeniería Industrial
 - Ingeniería en Computación
 - Trabajo Social

El tercer atributo es dependiente de las composiciones realizadas a partir de los atributos categóricos, y pese a que se considera como un *atributo de ubicación* propio de los elementos, se traduce a un *atributo de distancia* generado por el arco entre los nodos individuales de consultores y empresas. El incremento o decremento de clases en los atributos categóricos afectaría directamente la calidad de las soluciones.

La aceptación de individuos es bajo elección de la coordinación y el universo de candidatos es limitado a una subserie de individuos con atributos asociados a su avance escolar y características propias. La elección del programa reporta una cifra de ingreso promedio con variación ± 5 respecto al límite de individuos, por lo que la holgura de selección por parte de la coordinación se encuentra limitada al rechazo de hasta 5 individuos en promedio terminado el periodo de entrevistas. Las empresas tienen una variación aproximada de -4 a 7 .

La efectividad del programa es afectada por múltiples factores: la deserción del programa por parte de los consultores, planes de trabajo de cada equipo-grupo o su integración

inadecuada. Las causas de deserción están directamente relacionadas a incongruencias en las relaciones encontradas en los atributos DHC. El principal objetivo de la coordinación del programa es satisfacer los requerimientos de las empresas sin perjudicar el desarrollo académico de los estudiantes, propiciando la visita a las ubicaciones de trabajo semanalmente para observar sus características y desarrollo. Esta política predispone que la distancia sea el atributo con mayor influencia sobre la decisión de abandono.

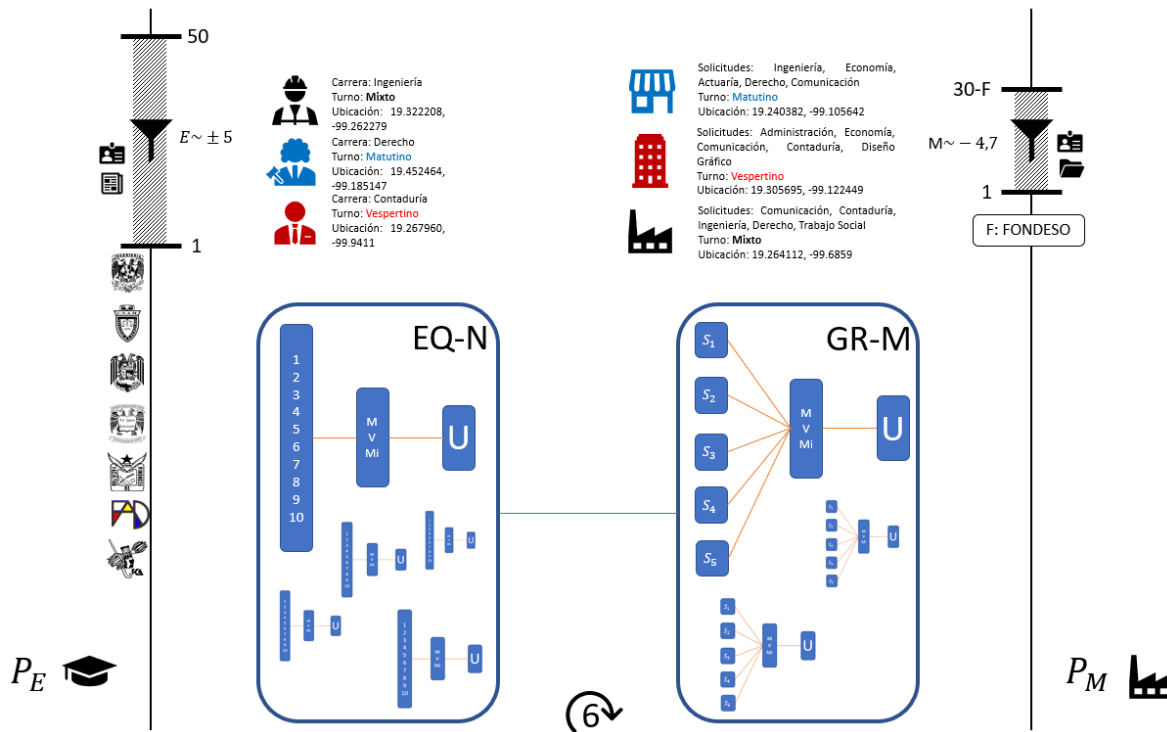


Ilustración 2 Representación del procedimiento de asignación

No es posible estructurar la modulación de la oferta basada en la demanda ya que: las solicitudes son generadas de manera paralela a la evaluación de ambas poblaciones, no existe información histórica, hay alta rotación y fluctuación de requerimientos. La limitación del personal y el presupuesto de la coordinación, desechan la posibilidad de utilizar modelado complejo, ecuaciones o el uso de sistemas con licencias comerciales.

El análisis de un periodo del programa como muestra, expuso que la asignación por la coordinación tiene una distancia lineal unidireccional entre los estudiantes y empresas de 1,645.9 km, con un promedio de 48.41 *km/estudiante* cada semana y un total de 1,161.81 *km/estudiante* al final del programa. Estas condiciones dificultan el cumplimiento de los objetivos dado el tiempo asociado a la movilidad a través de servicios de transporte público. También generó una coincidencia de 48.57% de *carrera-requisito* y una coincidencia de 68.57% del *atributo horario*.

Se determinó la existencia de dos tipos de problemas de asignación:

- Asignación divergente, observada en la creación de equipos multidisciplinarios, buscando la no-coincidencia de la relación *carrera-requisito*.
- Asignación convergente, encontrada en:
 - La evaluación de los *atributos horario y ubicación*
 - La conformación de grupos de empresas con requerimientos similares
 - La asignación entre grupos y equipos.

La asignación para personal no especializado es difícil de lograr, dado que los problemas de convergencia y divergencia con múltiples atributos son solucionados con algoritmos multicriterio.

Se aplicaron modelos matemáticos y algoritmos de uso común en la asignación para la búsqueda y desarrollo de una estructura capaz de definir la asignación sin incrementar la complejidad percibida original del problema, pero su balance forzado, complejidad computacional, estructura dinámica, comprensión del usuario y condiciones univariadas no satisfacían los requerimientos. La simplificación mediante algoritmos de decisión multicriterio comúnmente reduce la complejidad combinatoria de los factores evaluados logrando que el procesamiento de información y búsqueda de soluciones resulten útiles para el usuario, sin embargo, su estructura resulta rígida, haciendo que su aplicación a un set de datos dinámicos sea inadecuada. (Danas, Roudsaro, & Ketikidis, 2006)

Se observó, estudió y evaluó la aplicación de diferentes metodologías utilizadas en otras áreas, tales como:

- Método húngaro
- Valores ponderados (Nabilah, Mohd Sanusi S, & Ahmad Farhan Mohd, 2017) (Luo & Li, 2015) (Naharudin, Ahamad, & Sadullah, 2017)
- Modelos de cobertura (Hong, Kuby, & Murray, 2018)
- Aplicación de métodos heurísticos (Shavarani, Nejad, Rismanchian, & Izbirak, 2017) (Gheitanchi, Ali, & Stipidis, 2010) (Marulanda, Leguizamón, & Niño, 2010)
- Evaluación espacial bajo análisis multicriterio
- Estrategias de descomposición de zonas (Loteró, Jaramillo, & Rave, 2013)
- Modelos de decisión dinámicos (Schönberger & Kopfer, 2007)
- Aplicación de software de sistemas de información geográfica (Pozzebon, Tello Rozas, & Aguilar Delgado, 2015)
- Asociados a problemas de localización por redes (Melkote & Daskin, 2001) (Skinjar, Brnjac, & Drazen, 2014) (Liu, Zhou, & Xiaoguang, 2015)
- Analisis de clústeres (Wang, Wang, Chen, & Wilkes, 2013)

La aplicación de metodologías similares a las estudiadas permite simplificar la asignación, sin embargo, su aplicación requiere cambios para considerar características de rotación, inflexibilidad, datos dinámicos, incompatibilidad y complejidad asociada. A partir de las observaciones realizadas se desarrollaron metodologías empíricas para crear estructuras flexibles con el objetivo de reducir el tiempo y la simplificación de visualización de datos dinámicos, tales como:

- Métodos gráficos:
 - Basados en formas y coloración sobre mapas,
 - Representación visual de circunferencias
 - Triangulación
 - Redes basadas en distancias euclidianas
 - Concentración de información por medio de áreas

- Codificación de valores a partir de figuras geométricas.
- Métodos Basados en Datos:
 - Codificación directa
 - Bases de datos delegacionales y de colonias para posicionamiento
 - Estadísticas

Las observaciones realizadas a las metodologías estudiadas y desarrolladas, llevó a la conclusión de la necesidad de una malla de cobertura para la identificación de áreas uniformes.

Teselado

El teselado es un patrón utilizado para cubrir una superficie, se compone de fragmentos denominados teselas, las cuales pueden ser diseccionadas en copias pequeñas de la misma, para formar una rejilla con n copias de una figura geométrica minimizando la superposición de figuras y el espaciado irregular de la superficie, clasificándose de acuerdo con su composición en:

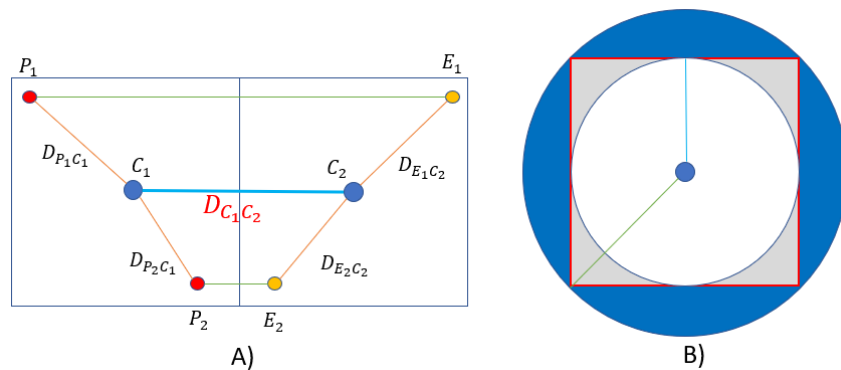
- Teselado Regular: figuras geométricas regulares repetitivas.
- Teselado Semirregular: combinación de figuras geométricas.
- Teselado Irregular: compuesta por polígonos irregulares.

A partir del método basado en colonias, se estableció la necesidad de cubrir el plano de manera uniforme, descartando el uso del teselado semirregular e irregular por no cumplir con la simplificación en la visualización de datos dinámicos.

El teselado regular puede ser compuesto por tres figuras geométricas (Cuadrado, Triángulo y Hexágono). Su aplicación se presenta en el procesamiento de imágenes, gráficos y otras aplicaciones relacionadas a la ciencia de la computación para determinar el óptimo particionamiento de los espacios cartesianos. Se ha utilizado para mejorar la localización en programas científicos, minimizando los costos de memoria y mejorando la eficacia de algoritmos numéricos. La determinación del tamaño y forma de las celdas es un problema de

optimización que radica en la partición del plano en celdas minimizando su dependencia. Los algoritmos pueden considerar el tamaño de tesela mínima, la minimización en la redundancia de teselas, el número de teselas, el tamaño del teselado final y la capacidad de memoria (Lee, 2017) (Parsa & Lotfi, 2006). Especialmente se utiliza el plano hexagonal en vez del cuadrado, para una mejor representación, ya que los hexágonos son más aproximados a la forma de una circunferencia, manteniendo una distancia semi-equidistante del centro de ambas figuras hacia su perímetro, a diferencia del cuadrado y el triángulo (Vince, 1995).

Se realizó una prueba del teselado hexagonal contra el teselado cuadrado, ignorando el teselado triangular. La evaluación del teselado cuadrado utilizó medidas laterales de 3, 2 y 1.5 unidades, estableciendo como métricas de evaluación:



- El recorrido externo. Los elementos contenidos fuera del cuadro serán clasificados como:
 - Recorridos de la distancia establecida entre centros de cuadros $D_{C_1C_2}$.
 - Recorridos de la distancia entre esquinas opuestas de cuadros $D_{P_1E_1}$
 - Recorridos de la distancia entre esquinas cercanas de cuadros $D_{P_2E_2}$
- Recorrido interno. Los elementos contenidos dentro del cuadro serán clasificados como:

- Recorrido de puntos internos al cuadro en la mayor distancia posible (esquina a centro $D_{P_n C_1}$ y $D_{E_n C_2}$).
- Diferencia generada por la distancia del centro del cuadro hacia los laterales (Circunferencia interna) y esquinas (Circunferencia externa).

Se comparó el recorrido teórico contra el real en las convergencias de distancia para un avance de 6, 12, 18 y 24 unidades, siendo múltiplos de las medidas laterales utilizadas (3, 2 y 1.5 unidades). El estudio determinó que los errores en diagonal incrementan proporcionalmente la distancia avanzada, mientras que, en un avance vertical-horizontal los errores son menores.

Se repitieron las evaluaciones para teselados hexagonales con apotema de 3, 2 y 1.5 unidades, para comparar el recorrido teórico con el real, para un avance de 6, 12, 18 y 24 unidades. El error máximo registrado se presenta en los hexágonos de mayor tamaño, con un incremento constante de error para todos los hexágonos.

Al aplicar el teselado hexagonal completo, se observó una variación con respecto a las distancias avanzadas en un sentido: el incremento del error es diferente para un movimiento vertical respecto a un movimiento horizontal.

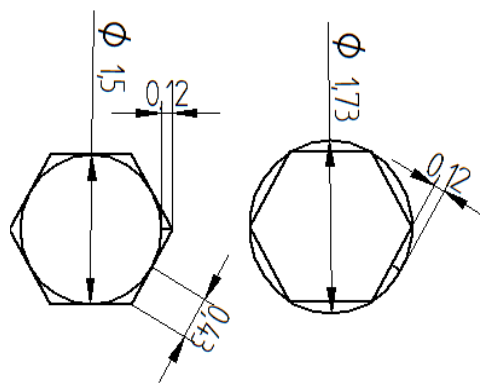


Ilustración 4 Hexágonos circunscritos interna y externamente, con evaluación de error

Pese a que no existe continuación directa entre un renglón del teselado hexagonal y el siguiente, el error se mantiene constante por cambio de nivel dentro del plano, ubicándose en triángulos formados entre circunferencias. El cambio entre niveles en sentido vertical genera una diferencia con respecto a la circunferencia que se incrementa por la mitad de un lado, haciendo que en cada cambio de nivel exista una variación constante, comparativamente menor que la observada para el teselado a cuadros. La variación provoca que el error factible sea únicamente aplicable al sentido vertical, el sentido horizontal y diagonal no genera ningún error aparente debido a la geometría entre ambas figuras.

Metodología de Asignación por Teselado Hexagonal (MATH)

La Metodología de Asignación por Teselado Hexagonal (MATH), surgió de las ventajas observadas en los diferentes métodos aplicados previamente al problema, principalmente la visualización de atributos sobre un plano y su codificación asociada para la manipulación de información interna.

La primera iteración de la combinación entre métodos gráficos y bases de datos considera la conformación de circunferencias centradas en puntos de referencia fijos, determinando el valor del atributo *distancia* como la ubicación de los individuos y el centro del área que los contiene. Se utilizan las oficinas centrales de las alcaldías como puntos fijos de referencia y se relacionan con la dirección declarada por los individuos. Se establece una circunferencia máxima de 10 km, conteniendo círculos internos de menor radio para facilitar la codificación asociada a cada aro.

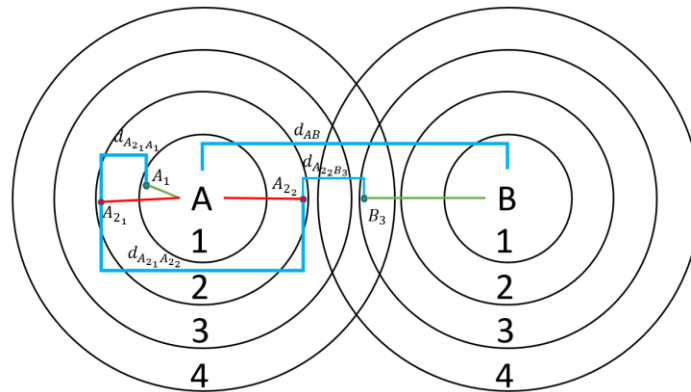


Ilustración 5 Codificación a partir de puntos fijos

El método presenta imprecisiones en la codificación al relacionar los diferentes niveles, asociando directamente las codificaciones idénticas entre sí, ignorando la superposición de otras circunferencias. Para reducir la tasa de aparición del error, se definen las áreas por colonia, estimándose hasta 2,458,624 relaciones, obteniendo una estructura robusta para la

rápida identificación de similitudes a partir de la ubicación, reduciendo los requerimientos para la capacidad visual del sistema, pero incrementando la cantidad de registros dentro de la base de datos. Los nuevos requerimientos, en conjunto con la distribución no uniforme de áreas por colonias y formas limítrofes asimétricas observadas en muestras aleatorias (n), llevaron a la determinación de no-factibilidad del método de distancias por colonias.

Delegaciones	N	n
Álvaro Obregón	231	145
Azcapotzalco	88	72
Benito Juárez	53	47
Cuauhtémoc	33	31
Cuajimalpa	49	44
Gustavo A. Madero	182	124
Venustiano Carranza	67	58
Miguel Hidalgo	86	71
Iztapalapa	200	132
Coyoacán	99	79
Magdalena Contreras	44	40
Milpa Alta	42	38
Tláhuac	83	69
Tlalpan	160	114
Xochimilco	113	88
Iztacalco	38	35
Total	1568	

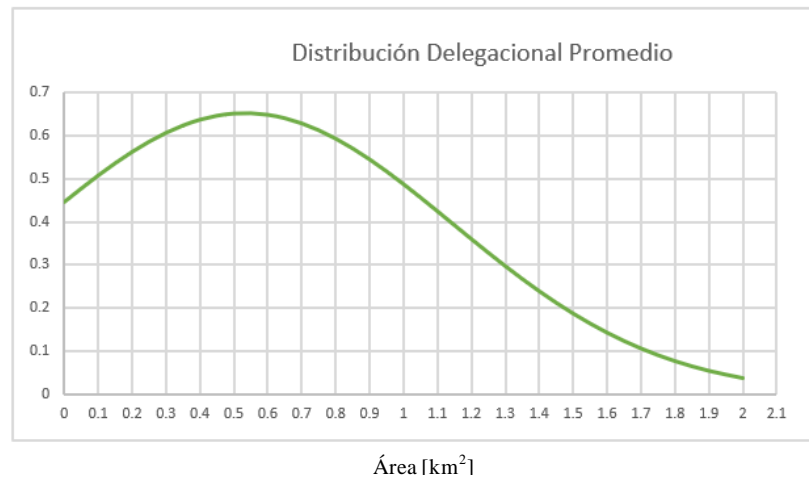


Ilustración 6 Número total de colonias por delegación (N), tamaño de la muestra (n) y distribución delegacional promedio.

La simetría requerida estableció los fundamentos para la creación de teselados de cobertura del plano, modificando la identificación de colonias a coordenadas determinadas por celdas hexagonales únicas, sobre las cuales se reestructura la información de cada individuo con cadenas de atributos específicas contenidas en celdas comparables. Para determinar el tamaño del teselado requerido para la Cd. de México, se utilizaron las áreas promedio de las colonias para determinar el hexágono requerido para cubrir la mayor parte de ellas.



Ilustración 7 Transformación del área de figuras asimétricas a una circunferencia contenida por hexágonos

Tabla 1 Área y perímetro promedio de colonias por alcaldías

Delegación	Área Promedio de colonias (Km ²)	Perímetro Promedio (Km)	Área Max
Álvaro Obregón	0.42	2.86	5.75
Azcapotzalco	0.43	2.63	3.87
Benito Juárez	0.53	2.87	1.61
Cuauhtémoc	0.98	4.01	5.04
Cuajimalpa	0.58	3.77	4.18
Gustavo A. Madero	0.48	3.02	2.63
Venustiano Carranza	0.53	2.89	7.4
Miguel Hidalgo	0.55	3.36	3.09
Iztapalapa	0.48	3.3	5.11
Coyoacán	0.51	3.02	7.32
Magdalena Contreras	0.35	2.89	3.1
Milpa Alta	0.55	3.79	1.76
Tláhuac	0.61	3.41	9.87
Tlalpan	0.49	3.24	4.48
Xochimilco	0.42	4.14	4.59
Iztacalco	0.61	2.91	4.83

De los datos registrados, se obtuvo una media del área de 0.5327 km². Utilizando la fórmula del área y perímetro de un hexágono regular para obtener la apotema asociada:

$$A = \frac{P * a}{2}; P = Perimetro; a = Apotema$$

$$P = 6L ; L = lado$$

Descomponiendo el hexágono en seis triángulos equiláteros, considerando su altura como apotema y la base como el lado:

$$a = \frac{\sqrt{3} * L}{2}$$

$$L = \frac{2a}{\sqrt{3}} ; P = \frac{12a}{\sqrt{3}}$$

Expresando el área como:

$$A = \frac{\frac{12a}{\sqrt{3}} * a}{2} = \frac{6a^2}{\sqrt{3}}$$

Se obtiene:

$$a = \sqrt{\frac{A * \sqrt{3}}{6}}$$

Y sustituyendo el área promedio de las colonias registradas se tiene:

$$a = \sqrt{\frac{.5327 * \sqrt{3}}{6}} = .3921$$

La media calculada para las colonias de la Ciudad de México requiere una apotema de 0.3921 km², reduciendo el error generado por la asignación de celdas y aumentando la precisión del método.

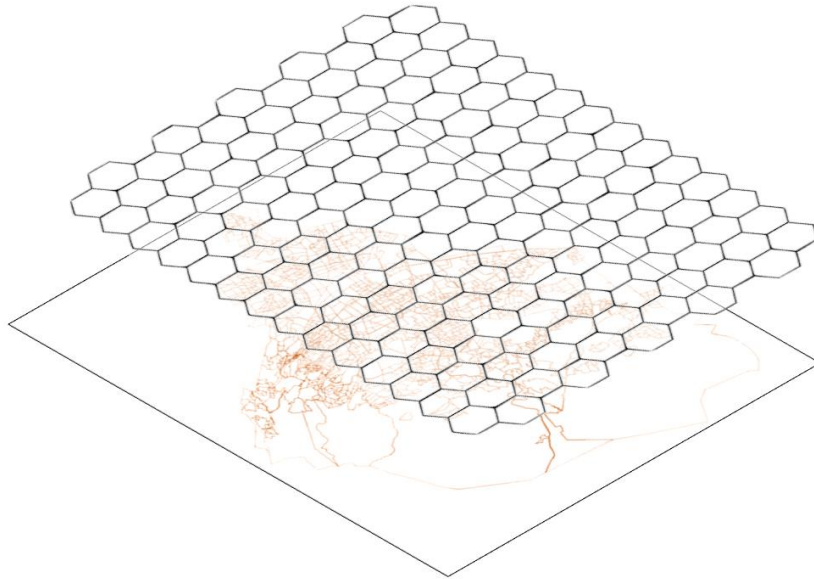


Ilustración 8 Paralelismo entre el plano geográfico con división colonial y el plano hexagonal

En la metodología se presentan errores asociados al teselado:

- Por desplazamiento. Generado por la distancia a partir de su centro y el hexágono al evaluar el cambio de coordenada.
- Por distribución. Generado por la colocación inicial del hexágono, determinando la distribución y asociación de información a las celdas.
- Por escala. Aplicable a la relación entre mapas físicos y su plano hexagonal asociado.

MATH toma en cuenta el *atributo accesibilidad* mediante ponderación, para evaluar las conexiones entre diferentes transportes (Metro, Metrobús, ejes y avenidas) y define en conjunto con el *atributo distancia* la mejor colocación de los individuos.

Para el *atributo accesibilidad* se utilizaron datos estadísticos del 2016 de líneas del metro:

- Aforo trimestral de cada línea – ponderación de 20%, clasificándolo en:
 - Aforo de 30,000 a más de 40,000 personas
 - Aforo de 10,000 a 30,000
 - Aforo menor a 10,000

- Cruces observados – ponderación de 45%
- Conexiones con otros medios de transporte (Metrobús, Eco bici, trolebús, Tren Ligero, Suburbano y Mexibus) – ponderación de 35%.

Línea	Transbordo	Puntaje	Transporte alternativo	Puntaje	Aforo	Puntaje	Puntaje Total
1	9	0.45	15	0.35	1	0.10	0.90
2	6	0.30	11	0.26	1	0.10	0.66
3	7	0.35	13	0.30	1	0.10	0.75
4	6	0.30	1	0.02	2	0.20	0.52
5	7	0.35	5	0.12	2	0.20	0.67
6	4	0.20	3	0.07	2	0.20	0.47
7	5	0.25	2	0.05	2	0.20	0.50
8	7	0.35	11	0.26	2	0.20	0.81
9	9	0.45	7	0.16	2	0.20	0.81
A	3	0.15	2	0.05	2	0.20	0.40
B	4	0.20	6	0.14	1	0.10	0.44
12	4	0.20	2	0.05	2	0.20	0.45
Ponderación	45%		35%		20%		1.00

Línea	Clasificación
1	0.12
9	0.11
8	0.11
3	0.10
5	0.09
2	0.09
4	0.07
7	0.07
6	0.06
12	0.06

Ilustración 9 Ponderación de accesibilidad para líneas del metro

Adicionando a la ponderación:

- 0.5 puntos por estación de metrobus en celda
- 0.1 puntos por eje y avenidas

Los atributos *carrera-requisito* y *horario*, son utilizados bajo la consideración de programación de acceso, presentando información de los atributos *distancia* y *accesibilidad* únicamente para las relaciones que cumplan ambas solicitudes.

El desarrollo de la estructura de datos de MATH, se genera en hojas de cálculo Excel:

- la programación de acceso con lenguaje condicional
- el contenido de datos como listas (alcaldía-colonia, individuos, [...])
- la referenciación como relaciones de individuos-listados

Manteniendo la facilidad de uso, acceso a un sistema conocido y presentación de resultados visuales.

Persona	Carrera	Empresa	Distancia	A.T.13	Empresa	Distancia	A.T.16	Empresa	Distancia	A.T.19
P01	Derecho									
P02	Contaduría	E05	19.51	24	E06	17.56	30.56			
P03	Administración	E05	6.41	24	E06	12.41	25.41			
P04	Diseño Gráfico	E05	7.08	54	E06	11.27	54.27			
P05	Ingeniería Industrial									
P06	Diseño Gráfico									
P07	Ciencias de la comunicación									
P08	Ingeniería Industrial									
P09	Administración	E05	8.39	17	E06	13.83	19.83			
P10	Contaduría									
P11	Ingeniería Industrial									
P12	Administración									
P13	Diseño Gráfico	E05	6.41	24	E06	12.41	25.41			
P14	Ciencias de la comunicación									
P15	Ingeniería Industrial									
P16	Trabajo Social									
P17	Diseño Gráfico									
P18	Contaduría							E07	20.92	24.00
P19	Administración									
P20	Contaduría									
P21	Ciencias de la comunicación							E07	34.53	12.00
P22	Trabajo Social									
P23	Administración									
P24	Ciencias de la comunicación									
P25	Trabajo Social									
P26	Ingeniería Industrial									
P27	Administración							E07	25.30	19.00
P28	Contaduría							E07	28.18	12.00
P29	Ingeniería Industrial									
P30	Administración	E05	15.46	28	E06	15.91	32.91			
P31	Administración									
P32	Contaduría							E07	6.71	15.00

Ilustración 10 Muestra de resultados presentados por MATH

A partir del reporte generado por MATH, se realizan asignaciones a partir de los *atributos distancia y accesibilidad*, procurando la minimización de ambas condiciones, aplicando a los casos de *no-requerimiento o no-coincidencia* con una amonestación sobre distancia de 20 [km].

Tabla 2 Muestra del reporte de resultados de asignación de equipos-grupos

		Equipo 1			Suma	Total
		E - 01	E - 02	E - 03		
C01	Contaduría	13.5944	15.9436	1.6577	31.1957	
A01	Administración	6.3125	9.7016	21.1807	37.1948	
DG01	Diseño Gráfico	2.6211	9.2670	14.4755	26.3636	192.6192
I01	Ingeniería Industrial	20.0000	9.7016	20.0000	49.7016	
I02	Ingeniería Industrial	20.0000	8.1634	20.0000	48.1634	
		Equipo 2			Suma	Total
		E - 04	E - 05	E - 06		
I03	Ingeniería Industrial	15.5730	20.0000	20.0000	55.5730	211.7085
A02	Administración	13.3651	6.5528	10.8071	30.7249	

DG02	Diseño Gráfico	20.0000	6.2303	10.9020	37.1323
C02	Contaduría	15.5730	6.2303	10.9020	32.7053
I04	Ingeniería Industrial	15.5730	20.0000	20.0000	55.5730

Para verificar el funcionamiento de MATH contra la asignación original propuesta por la coordinación, se establecen cuatro indicadores comparativos, característicos de las principales problemáticas que afectan la efectividad del programa:

- Distancia Total: Total de la distancia lineal unidireccional entre estudiantes y empresas, bajo la consideración de *equipos-grupos* asignados.
- Malas asignaciones por horario: Total de asignaciones *no-coincidentes* entre el horario presentado por los estudiantes y las empresas.
- Malas asignaciones por objetivo: Total de asignaciones de *no-requerimiento* realizado por las empresas.
- Tiempo de procesamiento: Consideración adicional para evaluar la velocidad de procesamiento de información.

Tabla 3 Comparativo de indicadores obtenidos por MATH y la Asignación Original para el periodo 2016-2

	Asignación Original	MATH	Mejora	Mejora Porcentual
Distancia Total [km]	1645.9	1351.62	-294.3	17.88%
Malas asignaciones por horario	33	0	-33	100%
Malas asignaciones por objetivo	54	4	-50	92.59%
Tiempo de procesamiento [min]	144,000	90	-143,910	99.94%

El funcionamiento de MATH con respecto a las distancias generadas se evaluó mediante comparativos entre:

- Distancia lineal de origen-destino (Dist. Real),
- Distancia lineal desde el centro de las colonias origen-destino (Mapa colonial),
- Distancias obtenidas por el método sin escala (MSE)
- Distancia arrojada por el método con escala (MCE),

- Diferencia lineal contra MSE,
- Diferencia lineal contra MCE.

Tabla 4 Comparativo de distancias del sistema MATH

Prueba	Emp.	Dist. Real	Mapa Colonial	Dist. MSE	Dist. MCE	Dif. R-MSE	Dif. R-MCE
P - 001	E01	6.19	6.40	8.08	6.31	1.89	0.12
P - 002	E02	16.00	16.40	12.41	9.70	3.59	6.30
P - 003	E03	22.10	21.90	27.10	21.18	5.00	0.92
P - 004	E04	17.50	16.80	19.93	15.57	2.43	1.93
P - 005	E05	11.50	11.20	7.97	6.23	3.53	5.27
P - 006	E06	17.20	17.10	13.95	10.90	3.25	6.30
P - 007	E01	6.47	6.42	9.78	7.64	3.31	1.17
P - 008	E02	11.90	12.00	11.47	9.16	0.43	2.74
P - 009	E03	21.50	20.80	28.85	22.55	7.35	1.05
P - 010	E04	17.50	13.20	17.10	13.37	0.40	4.13
P - 011	E05	7.86	9.24	8.39	6.55	0.53	1.31
P - 012	E06	17.80	13.90	13.83	16.81	3.97	0.99
P - 013	E01	6.19	6.40	8.08	6.31	1.89	0.12
P - 014	E02	16.00	16.40	12.41	9.70	3.59	6.30
P - 015	E03	20.50	21.90	27.10	21.18	6.60	0.68
P - 016	E04	17.50	16.80	19.93	15.57	2.43	1.93
P - 017	E05	11.50	11.20	7.97	6.23	3.53	5.27
P - 018	E06	17.20	17.10	13.95	10.90	3.25	6.30
P - 019	E10	15.90	15.20	21.84	17.07	5.94	1.17
P - 020	E12	8.44	6.68	4.74	3.71	3.70	4.73
P - 021	E13	8.44	6.68	4.74	3.71	3.70	4.73
P - 022	E14	11.70	12.60	12.82	10.02	1.12	1.68
P - 023	E15	17.50	17.50	21.35	16.68	3.85	0.82
P - 024	E17	33.33	33.33	44.76	34.98	11.43	1.65
P - 025	E18	3.43	4.24	4.37	3.42	0.94	0.01
P - 026	E19	18.40	17.20	17.27	13.49	1.13	4.91
P - 027	E20	19.60	4.24	21.48	16.78	1.88	2.82
P - 028	E21	10.80	13.30	9.55	7.46	1.25	3.34
P - 029	E10	6.62	6.03	5.30	4.14	1.32	2.48
P - 030	E12	15.30	14.80	18.88	14.76	3.58	0.54
P - 031	E13	15.30	14.80	18.88	14.76	3.58	0.54
P - 032	E14	5.16	5.31	5.71	4.46	0.55	0.70
P - 033	E15	3.04	2.10	3.00	2.34	0.04	0.70
P - 034	E17	20.90	20.90	27.00	21.10	6.10	0.20
P - 035	E18	16.30	16.10	16.23	12.68	0.08	3.62

P - 036	E19	4.90	4.52	4.24	3.32	0.66	1.58
P - 037	E20	4.55	3.28	3.18	2.49	1.37	2.06
P - 038	E21	8.37	8.20	10.50	8.21	2.13	0.16
...							

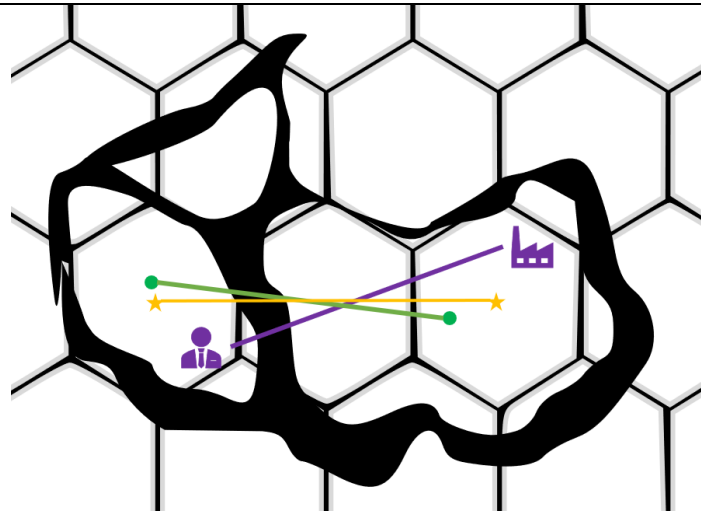


Ilustración 11 Relación de distancias. En amarillo: Centro hexagonal; En verde: Centro colonial; En morado: Origen-destino

Se obtuvo una mejora de ~18% en distancia y mejoras superiores al 90% en los indicadores referidos a los otros atributos, considerándose diferencias aceptables para un primer prototipo con posibilidad de mejora en iteraciones posteriores (Rios Esparza & Alonso Ventura, 2016).

DESARROLLO

Análisis del problema

Se analiza el funcionamiento de las metodologías a través de diferentes escenarios para identificar si la estructura base satisface los objetivos propuestos. Mediante la creación de n-escenarios que evalúan la estructura con la manipulación de factores condicionantes para definir respuestas probables, se incrementa la visualización de posibles errores en el procesamiento, sin dañar el sistema real.

Para permitir la comparación de resultados entre la metodología asociada a un solo atributo de la coordinación y la propuesta basada en teselado hexagonal, se formalizó la lógica general detrás de la asignación por la coordinación.

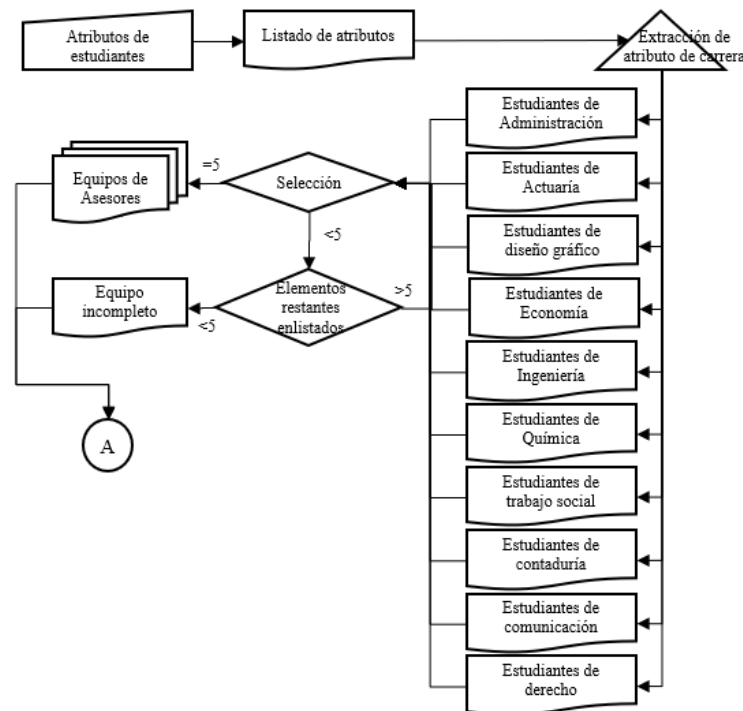


Ilustración 12 Diagrama del procedimiento de generación de equipos

La lista de atributos de estudiantes obtenida durante las entrevistas se clasifica en diez clases (L_C), representativas de las carreras aceptadas por el programa. Tomando un elemento aleatorio de L_C , se crea un equipo (t_i) de cinco miembros ($n = 5$). El procedimiento de generación de equipos continua hasta que L_C se encuentre vacía. Si el número total de estudiantes enlistados no es múltiplo del número de miembros (n), entonces se generará un equipo incompleto con los estudiantes no asignados restantes.

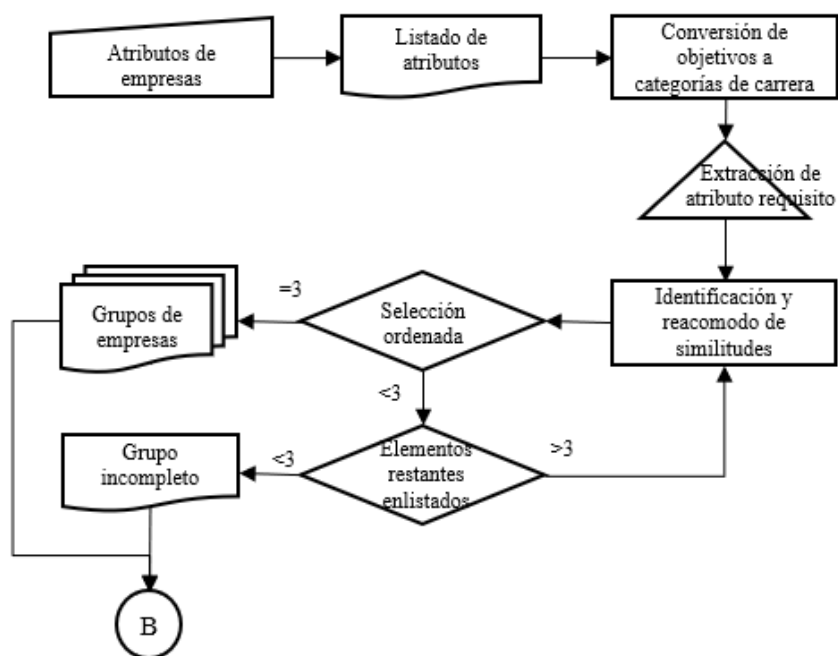


Ilustración 13 Diagrama del procedimiento de generación de grupos.

El procedimiento de generación de empresas toma los datos extraídos de las entrevistas para generar un listado de empresas (L_A), en donde los objetivos son convertidos a un *atributo requisito* representado por las 10 clases de los estudiantes para facilitar la comprensión de la relación entre ambos sets y ellos mismos. Se genera un identificador para cada empresa utilizando los *atributos requisito* y se reordenan de acuerdo con un *grado de similitud* (G_C), definido por las repeticiones interempresariales de las clases, se seleccionan los primeros tres

elementos ($m = 3$) de la lista y se forman los grupos de empresas (g_i). El proceso de generación de grupos continuará identificando y reordenando la lista hasta que L_A quede vacía. Si la cantidad de empresas restantes no es múltiplo del elemento divisor (m), entonces se formará un grupo incompleto de empresas.

Las similitudes (c) entre *equipos-grupos*, se categorizan en tres casos posibles:

- **Relación no-coincidente ($R_!$):** Estado inicial de todas las conexiones, en espera hasta la evaluación total de relaciones.
- **Relación preferente ($R_>$):** Mayor número de similitudes de la relación *equipo-grupo*. En espera hasta la evaluación total de relaciones.
- **Relación permanente ($R_=$):** Identificación de una secuencia idéntica ($R_= : c = n | c := \max \{n, m\}$) o un alto grado de similitud entre ambos sets. La secuencia idéntica será preferente y siempre será una relación permanente, pero una relación permanente no necesariamente será idéntica.

El procedimiento de categorización es repetido iterativamente hasta que todas las conexiones se consideren permanentes. En caso de continuar con relaciones no-coincidentes con bajo grado de similitud, los equipos son divididos y los miembros reasignados a nuevos equipos, de conformidad a los requerimientos de grupo.

El procedimiento de categorización de equipos solo califica la coincidencia de la relación y no la calidad de los equipos o grupos, definido por las reglas de convergencia y divergencia, por lo que existe la posibilidad de la generación de un falso grado de similitud alto. Para evitar la confusión, los grupos son ordenados y marcados siguiendo un proceso de categorización, definiéndolos como los últimos elementos a asignar.

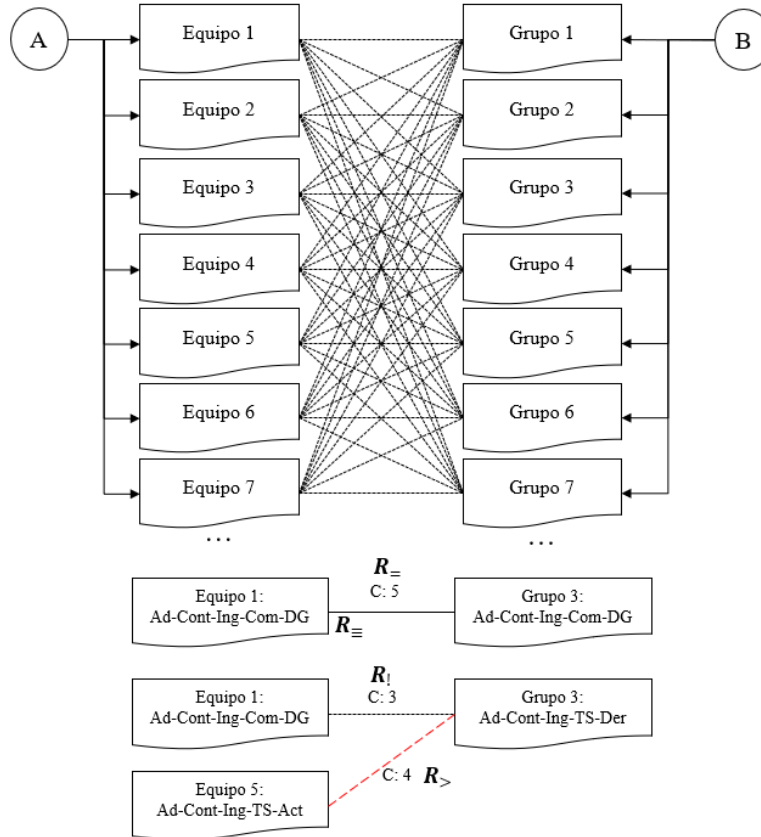


Ilustración 14 Proceso de categorización entre equipos y grupos.

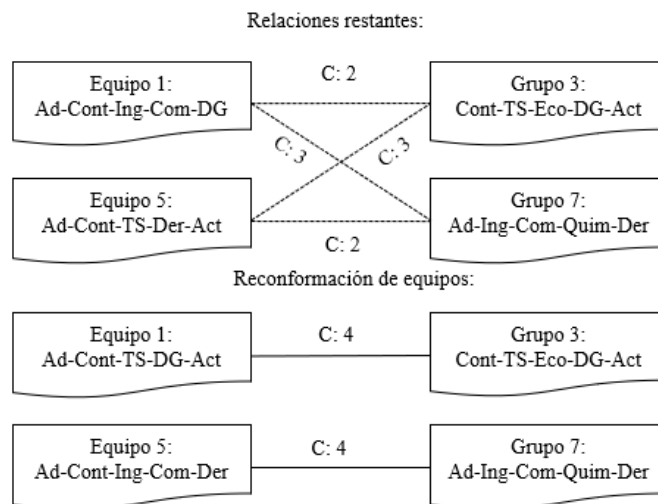


Ilustración 15 Reasignación de elementos del equipo

Metodología de prueba

La metodología de prueba es una propuesta de asignación bajo los criterios de divergencia y convergencia del intermediario, utiliza las relaciones entre carreras-requerimientos de estudiantes y empresas:

- La información de los estudiantes define, en conjunto con las políticas de asignación divergente del intermediario, la capacidad inicial de las variables categóricas para el atributo carrera.
- La información de las empresas canaliza las variables categóricas con el atributo requerimiento para satisfacer sus necesidades.

La metodología de prueba es utilizada como elemento de comparación, capaz de crear una serie de evaluaciones repetitivas sobre una estructura de un único atributo (*carrera-requisito*). Su creación fue desarrollada al término del proyecto principal, por lo que algunos módulos han sido influenciados por la lógica de la metodología de teselado propuesta. Para permitir el desarrollo de la simulación se encuentra programada con la generación de poblaciones potenciales.

Sin información histórica, se requiere clasificar y agrupar información mediante otras fuentes, tales como: la extracción web automatizada y minería de datos, para obtener un punto de vista de alto nivel (Ouali, y otros, 2017). La población de estudiantes se genera utilizando datos estadísticos del número de entrada a las carreras incluidas en el programa (UNAM, 2019). A partir de la detección de patrones, se extrajeron 2,421 líneas de datos estadísticos, relacionados con los últimos 17 años de admisión a las carreras. Analizando los datos extraídos y aplicándolos como ingresos al sistema, se desarrollaron distribuciones para cada carrera.

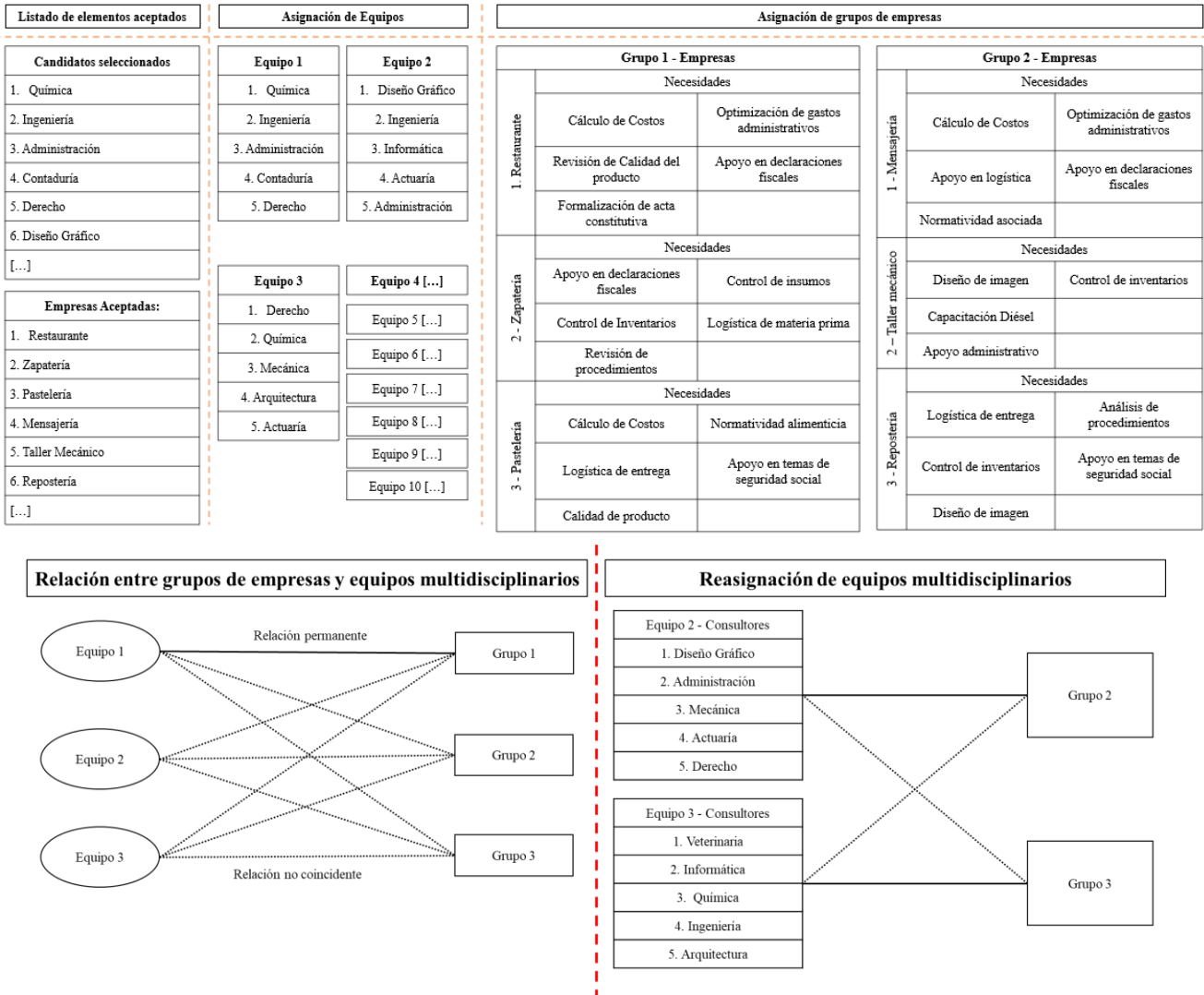


Ilustración 16 Cuadro resumen de metodología de prueba (Ingreso - Asignación - Relación - Reasignación)

Con la misma herramienta se representaron los requerimientos de las empresas, utilizando muestras a partir de múltiples páginas y redes de trabajo sobre consultorías en la Ciudad de México, extrayendo 2,843 líneas de datos de 395 trabajos anunciados por 216 compañías diferentes, cuyas descripciones de trabajo fueron convertidas a carreras aceptadas. De los datos extraídos, se detectó que el horario más común es representado por el turno mixto, reduciendo considerablemente el espacio de búsqueda del *atributo horario*.

Con los diagramas del proceso original, se desarrolló una metodología de prueba para simular la selección y asignación del personal, representado por una serie de nuevos procedimientos:

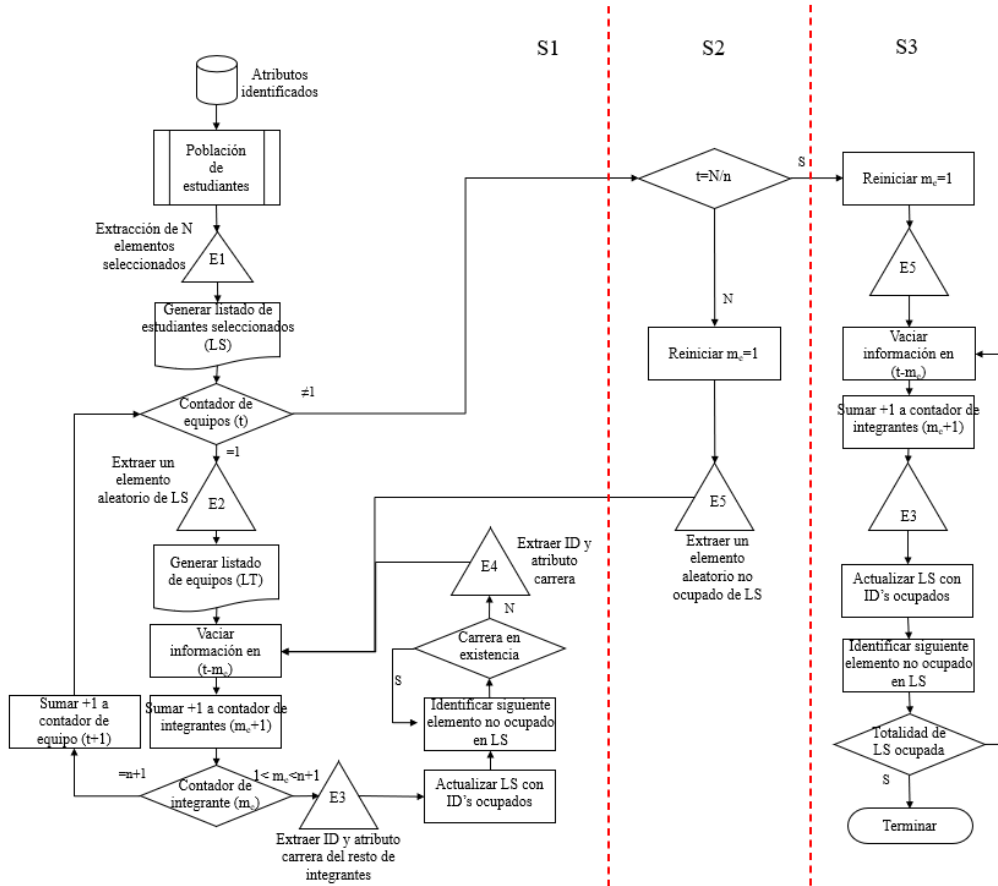


Ilustración 17 Procedimiento para la generación de equipos

[S1] Las distribuciones simulan los atributos de las poblaciones, de las cuales se extraen N elementos que representan el universo a asignar para generar un listado de estudiantes seleccionados (LS). Se inicia un contador de equipos (t), el cual extrae un elemento aleatorio de LS, generando un listado de equipos (LT), sobre el cual se incluye la etiqueta equipo-miembro (t- m_e), incrementando el contador de miembros (m_e) para generar un nuevo espacio para el siguiente elemento. El sistema identifica un elemento “no ocupado” en LS y determina si el atributo carrera se repite a través dentro de los miembros del equipo t. Si existe una

repetición, identifica el siguiente elemento no ocupado de LS hasta localizar una carrera diferente. Una vez ubicada, extrae su identificador y atributo, agregándolos a LT con la etiqueta $t-m_e$ correspondiente. Tan pronto como el contador de miembros llegue a su máximo ($m_e = n+1$), agregará una unidad a t . [S2] Mientras t no alcance el último equipo, el sistema reiniciará m_e , extraerá un elemento aleatorio no ocupado de LS , y regresará al vaciado de información de S1.

[S3] Si t alcanza el máximo, el sistema reinicia m_e , selecciona un elemento no ocupado de LS , lo coloca en LT con una etiqueta $t-m_e$, agrega un elemento a m_e , e identifica el siguiente elemento con etiqueta no ocupado en LS , colocándolo en LT sin necesidad de confirmación de divergencia en el atributo carrera. El procedimiento de último equipo se repite hasta que todos los elementos de LS se etiqueten como ocupados.

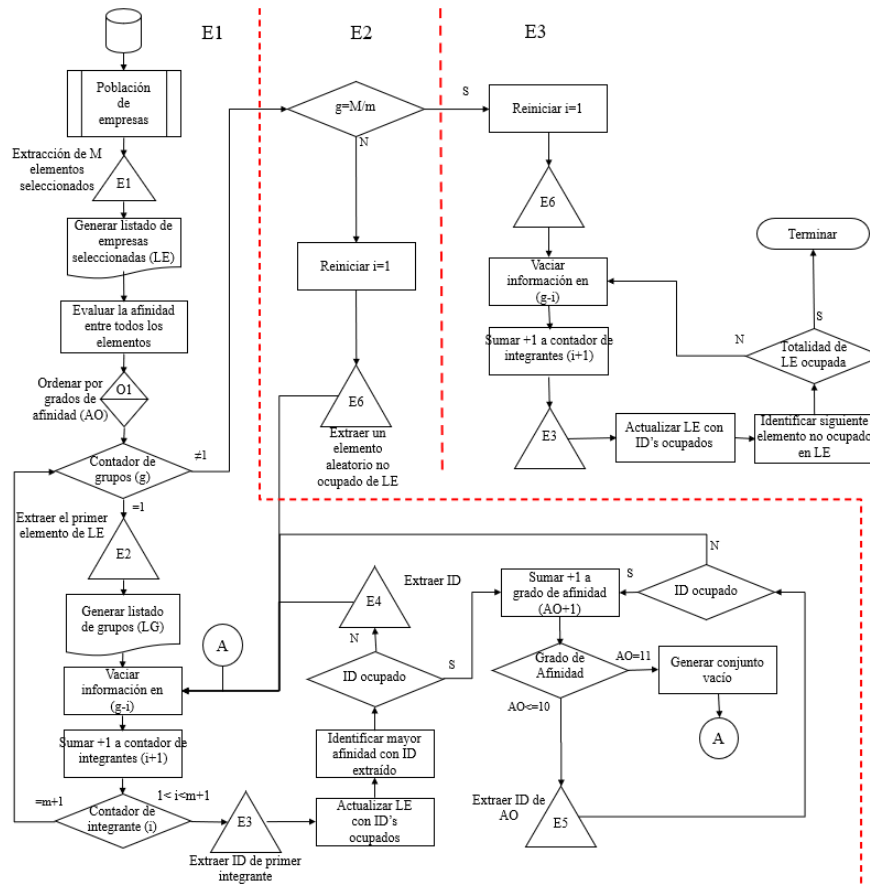


Ilustración 18 Procedimiento para la generación de grupos

Tanto la prueba como la metodología de la coordinación siguen estructuras lógicas similares para la asignación de estudiantes, teniendo la misma falla: son dependientes del orden en el que los estudiantes son considerados en la lista inicial.

Para las empresas: [E1] La información extraída de bases de datos alimenta al sistema con los atributos requeridos para la creación de la población de empresas, iniciando un procedimiento de selección no repetitiva para definir una lista de M empresas (LE). La asignación de grupos es *convergente*, las empresas son evaluadas utilizando una *matriz de afinidad* basada en los atributos carrera de cada par de elementos, reordenando la lista por *grados de afinidad* (AO) para cada empresa, dando a cada una un identificador y etiqueta de “no ocupado”. El contador de grupos (g) genera el primer grupo en una lista de grupos (LG), seleccionando el primer elemento de LE , asignando una etiqueta de *grupo-integrante* ($g-i$). El contador de integrantes (i) incrementa su valor en uno. Mientras $i < m+1$, el sistema extrae el identificador del primer integrante y actualiza LE con los identificadores de “ocupado”. El sistema evalúa el mayor AO con el primer integrante e identifica si se encuentra ocupado. Si está disponible, se extrae el identificador y coloca como el siguiente integrante. Si se encuentra ocupado, el sistema evalúa al siguiente elemento en el orden de afinidad asociado al primer integrante. Mientras el grado de afinidad no alcance su máximo estipulado, se identifican las etiquetas para determinar si pueden ser colocados en LG o si se evalúa al siguiente elemento en la lista de afinidad. Si no existen grados de afinidad disponibles restantes, el sistema creará un espacio vacío y lo aplicará a LG con su respectiva etiqueta $g-i$. Cuando i alcanza su máximo, se genera otro grupo (g). [E2] Mientras g no alcance el último grupo, el sistema reiniciará i y extraerá un elemento aleatorio no ocupado de LE , le colocará una etiqueta $g-i$ y continuará con el procedimiento de revisión de afinidad E1. [E3] Si g alcanza su máximo, el sistema reinicia i , extrae la información de un elemento disponible aleatorio, vacía su información en LG , busca el siguiente integrante de la lista de elementos disponibles de LE sin necesidad de confirmación de convergencia. El procedimiento de último grupo se repite hasta que todos los elementos de LE se etiqueten como ocupados

Con la creación de espacios vacíos, el procedimiento de último grupo puede crear un equipo que exceda el número máximo de miembros, para evitarlo se aplica un procedimiento de rectificación adicional para adecuar los espacios vacíos con empresas restantes.

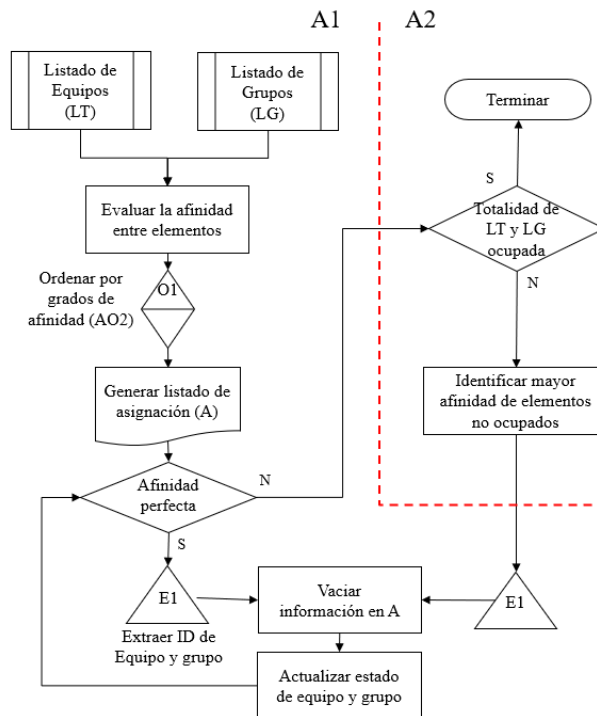


Ilustración 19 Procedimiento de asignación de la Metodología de Prueba

[A1] Una vez terminados los equipos y grupos, el procedimiento de asignación evalúa el atributo carrera-requisito, creando nuevas matrices de afinidad entre cada par de equipos y grupos. Se evalúa la satisfacción de requerimientos entre el número de carreras solicitadas y recibidas. En caso de una relación perfecta se determina automáticamente como una relación permanente extrayendo el identificador del equipo y del grupo conformando la lista de asignación (A). [A2] Si no existen relaciones perfectas restantes, el sistema evalúa si los elementos de *LT* y *LG* se encuentran ocupados, para los equipos-grupos con mayor afinidad restantes, se extrae y vacía su identificador en A. En caso contrario, terminará el procedimiento.

Definición de Atributos

Mientras que la metodología de prueba representa la transformación de variables categóricas del atributo carrera, las siguientes metodologías utilizan los tres atributos:

- Atributo turno: no sufre ningún cambio.
- Atributo ubicación: cambia el formato de dirección a coordenadas geográficas (latitud-longitud) para facilitar la relación entre cada punto y dar origen al atributo distancia.

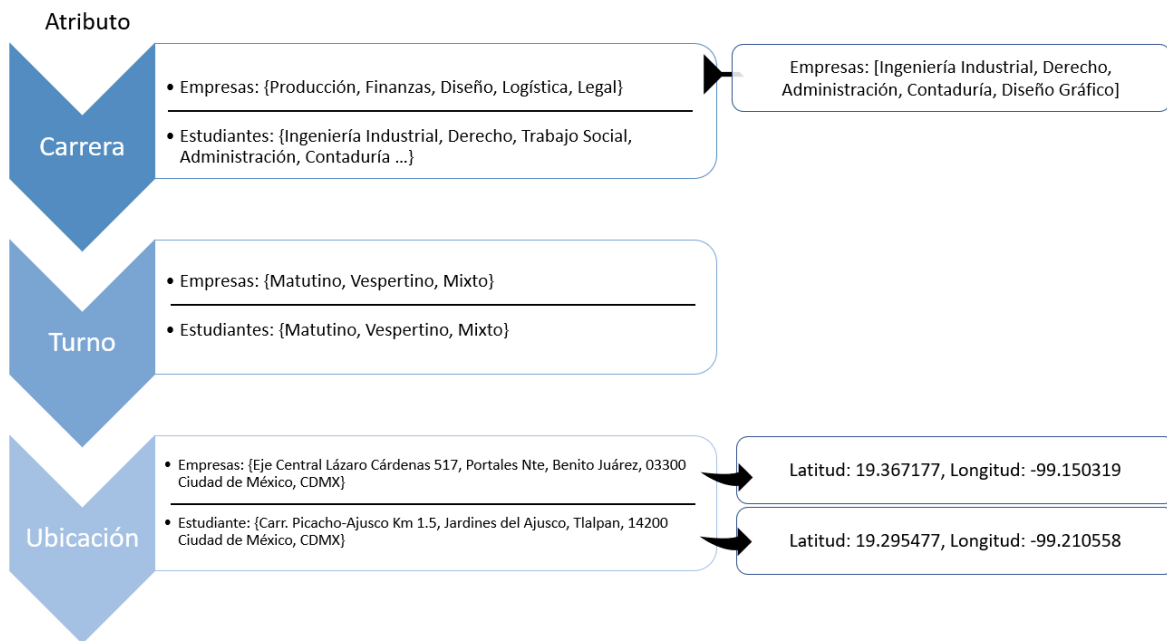


Ilustración 20 Transformaciones del atributo requisito a variables categóricas

Los fundamentos básicos se estructuran sobre la visualización gráfica de múltiples planos de información y su paralelismo con datos estructurados y codificados, con una simbología propuesta para su representación. La esquematización del problema consiste en el análisis de combinaciones, estableciendo relaciones de atributos unitarios (*UHC*).

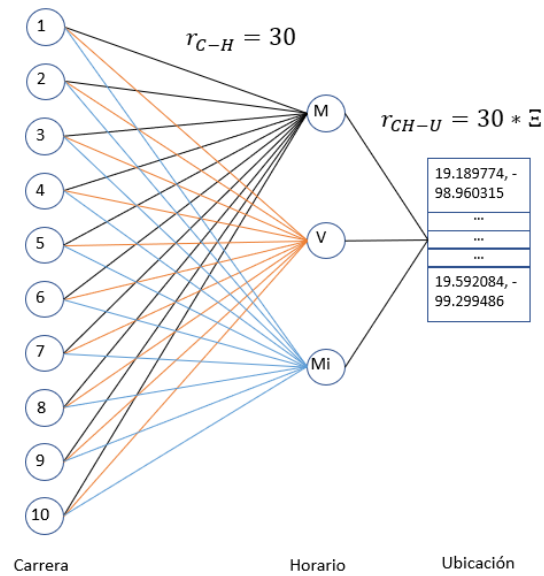


Ilustración 21 Relación de atributos

La relación del atributo ubicación se representa como cortes en celda (Ξ), cuyo número y precisión variará en función de la selección de representación del usuario:

- Coordenadas Geográficas (latitud-longitud)
- Polígonos regulares e irregulares;
- De cobertura
- De intersección
- Por clasificación
- Por existencia de contenido, entre otras.

Los cortes en celda son representativos de planos particulares utilizados para dividir la información en espacios controlados, clasificando, ubicando y aproximando la información, reduciendo las trayectorias de cómputo (Kadayif & Kandemir, 2005). Al contener múltiples planos o atributos imputables a cada plano, cada corte en celda podrá variar en estructura o tamaño por cada uno de ellos ($\Xi_u =$ Corte en celdas de ubicación; $\Xi_h =$ Corte en celdas de horario; $\Xi_c =$ Corte en celdas de carrera). Cada corte representa un nodo conectado a través del plano al resto,

generando una topología de red en malla, permitiendo explotar el paralelismo de la localidad de datos, ejecutando varios procesos de cómputo a la vez, (Grosser, Cohen, Holewinski, Sadayappan, & Verdoolaege, 2014) resulta conveniente estructurar los planos hacia un mismo tipo de corte y mantener la correspondencia de la estructura interna de los datos sin confundir su visualización gráfica con su estructura.

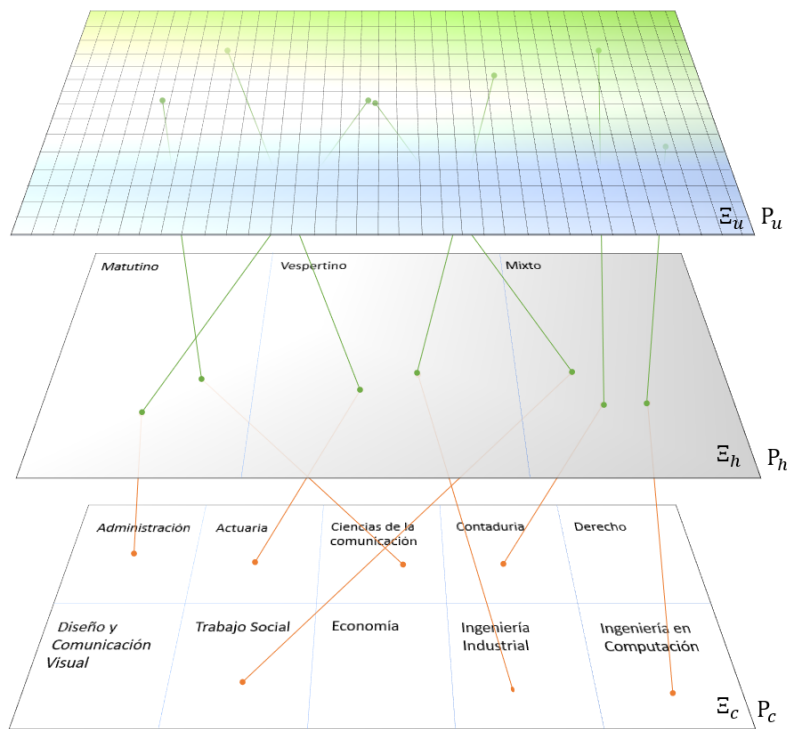


Ilustración 22 Ejemplo de cortes de plano por categorías

Dentro de su estructura, para cortes en celda de ubicación (Ξ_u) definidos por coordenadas geográficas, las *cadena de atributos* asocian una cadena de características categorizadas a cada elemento de la población, sin importar si dos elementos comparten una variable de cualquier atributo.

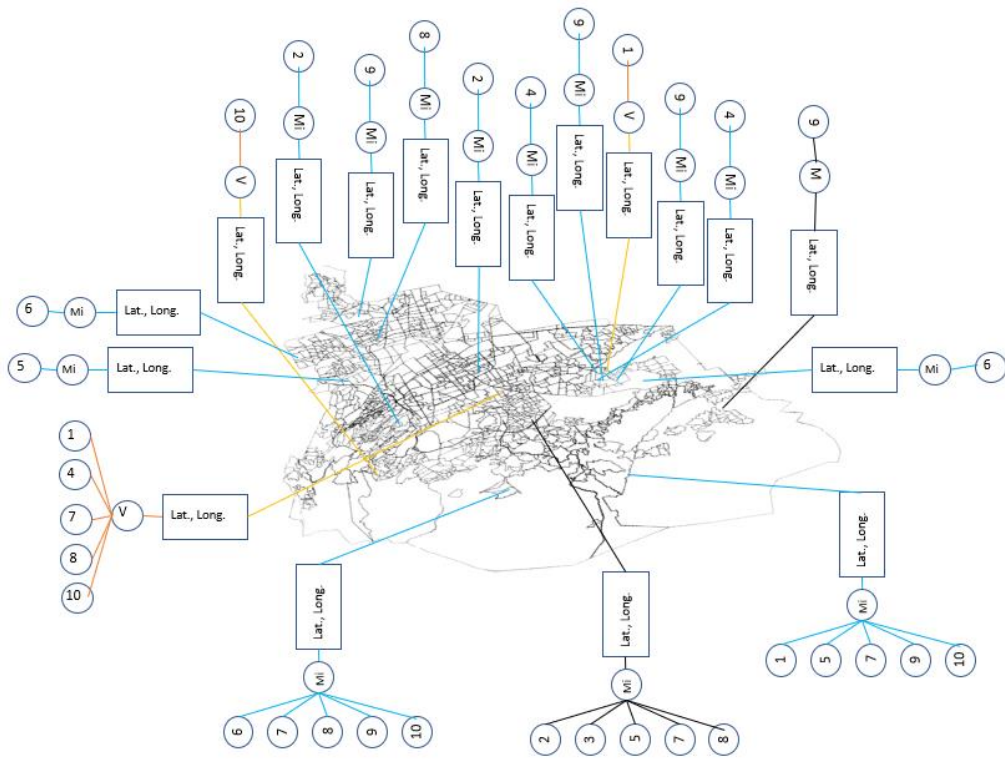


Ilustración 23 Cadenas de atributos para cortes en coordenadas geográficas

La intersección de características de diferentes miembros puede ser representada en cadenas de atributos en conjunto, simplificando el análisis de la información. El incremento en tamaño, forma y simetría de E_u sobre las cadenas de atributos facilita la definición del atributo distancia.

En términos generales se aplica una metodología para optimizar la visualización de información y definir nuevas formas de estructura para facilitar la evaluación de relación de diferentes niveles, pese a la diferencia de contenido entre ellos. Con la definición de planos paralelos divididos por atributos, se analiza el funcionamiento y relaciones internas para redefinir las relaciones entre planos como cadenas de atributos. Los planos dividen atributos, los cortes los ordenan y las cadenas los redefinen.

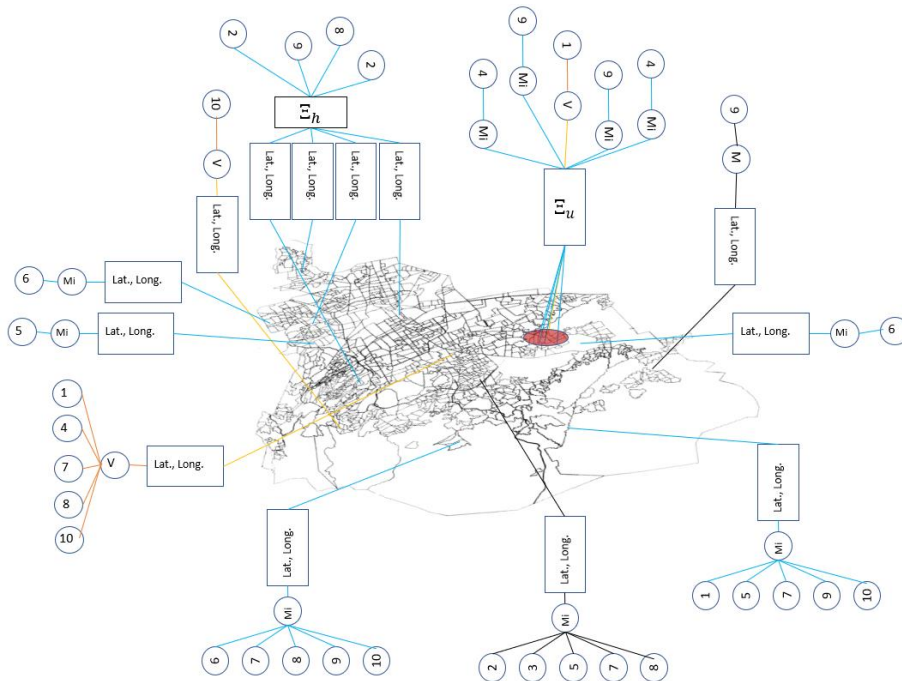


Ilustración 24 Cadenas de atributos con cortes de celda en conjuntos

Las cadenas de atributos definidas como información pueden ser analizadas en paralelo con otras cadenas de atributos:

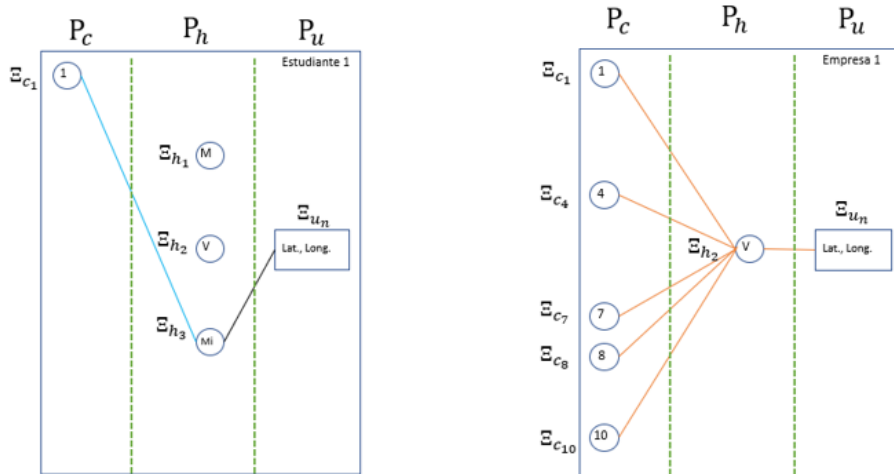


Ilustración 25 Cadenas de atributos de estudiantes y empresas

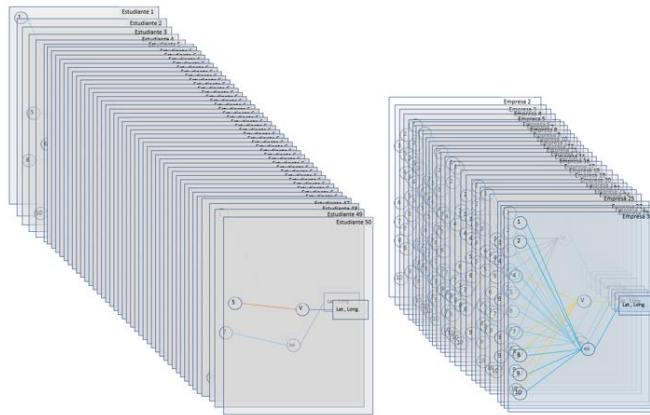


Ilustración 26 Cadenas de atributos de 50 estudiantes y 30 empresas

Con las cadenas divididas se puede analizar la afinidad entre elementos, ya sea dentro de la misma población o la relación entre individuos-empresas.

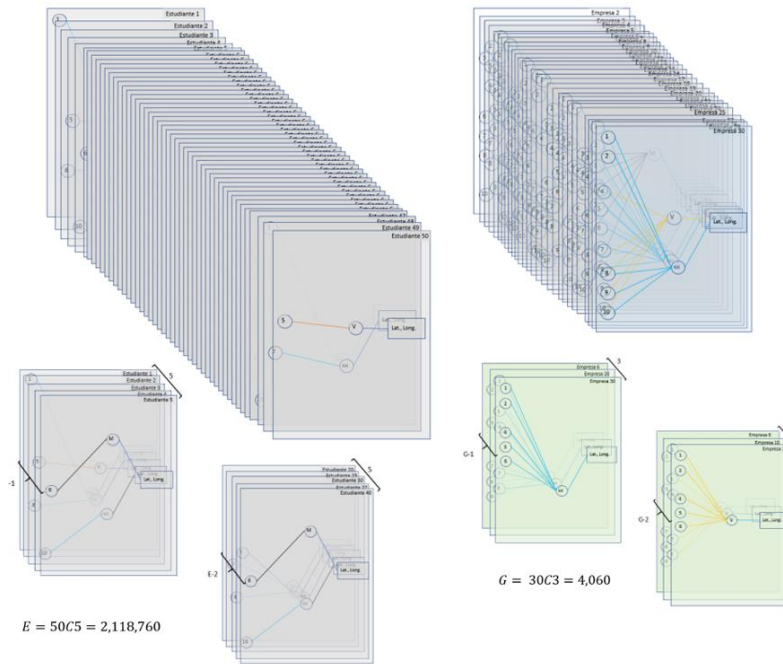


Ilustración 27 Generación iterativa de Equipos-Grupos

Las combinaciones posibles para la generación de equipos-grupos son delimitadas por las consideraciones de programación de acceso y divergencia/convergencia, para permitir su evaluación a través de intercadenas de atributos, utilizando métricas dependientes de las restricciones programadas para su evaluación:

- Atributo Carrera:
 - Divergencia para Equipos
 - Convergencia para Grupos
- Atributo Horario:
 - Turnos convergentes para ambos conjuntos
- Atributo ubicación:
 - Evaluación variable dependiente del algoritmo aplicado.

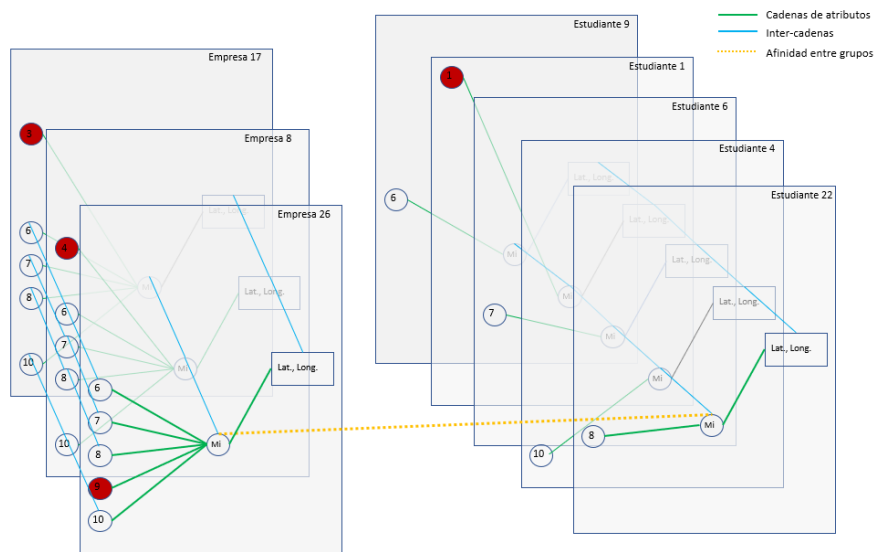


Ilustración 28 Equipos-grupos con cadenas de atributos, intercadenas y afinidad entre conjuntos

La definición del problema bajo el enfoque sistémico permite la aplicación de versiones gráficas de mejora modular para la administración de información, las cuales sustentan la generación de diferentes algoritmos para cada caso de evaluación (planos de atributos), permitiendo una respuesta específica para cada uno de ellos. Los planos son facultados con

la capacidad de evaluación paralela de los conjuntos de soluciones de otros algoritmos aplicados y el análisis de diferentes escenarios con la manipulación, reubicación y modificación de los módulos generados.

Propuesta Heurística

Se aplicaron algoritmos genéticos como propuesta de solución, conformando grupos como secuencia inicial, continuando con la conexión entre ambos grupos y refiriéndola al atributo de ubicación.

Creación → Combinación → Ubicación

Este desarrollo utiliza heurísticas para la generación de posibles soluciones, facilita la toma de decisiones del usuario y representa parte de la estructura interna de datos.

Creación

El sistema fue programado en Python, alimentándose de la información del registro generado por los atributos de las entrevistas en hojas de Excel. Previo a su inserción, la información es normalizada para asegurar que ningún elemento presente errores de registro que afecten los resultados obtenidos por la evaluación y la metodología de asignación.

La información de alumnos se compone de:

- Índice, numerado respecto al orden de llegada.
- Nombre del estudiante.
- Carrera, clase asociada al requerimiento del servicio.
- Turno (Matutino, Vespertino o Mixto)
- Coordenadas geográficas (Latitud, Longitud)

El atributo ubicación compuesto por las direcciones son traducidos a coordenadas geográficas para facilitar la ubicación y cálculo de distancias entre puntos.

IDE	Nombre	Carrera	Turno	Latitud	Longitud
1	Estudiante 1	Diseño Gráfico	Mixto	19.506247	-99.153812
2	Estudiante 2	Economía	Mixto	19.492276	-99.164233
3	Estudiante 3	Actuaría	Mixto	19.344115	-99.103243
4	Estudiante 4	Derecho	Mixto	19.294804	-99.190363
5	Estudiante 5	Comunicación	Mixto	19.333295	-99.21183
6	Estudiante 6	Química	Mixto	19.316838	-99.89842
7	Estudiante 7	Comunicación	Mixto	19.472685	-99.118885
8	Estudiante 8	Comunicación	Mixto	19.284471	-99.202277
9	Estudiante 9	Administración	Mixto	19.453303	-99.157287
10	Estudiante 1	Trabajo Social	Mixto	19.243142	-99.23094
11	Estudiante 1	Administración	Mixto	19.250635	-99.15399
12	Estudiante 1	Economía	Mixto	19.423594	-99.146303
13	Estudiante 1	Comunicación	Mixto	19.449504	-99.14789
14	Estudiante 1	Contaduría	Mixto	19.456717	-99.151786
15	Estudiante 1	Ingeniería	Mixto	19.322203	-99.262279
16	Estudiante 1	Economía	Mixto	19.323747	-99.12011

Ilustración 29 Registro de alumnos

El registro de empresas precisa: turno, ubicación y 5 solicitudes de asesoría. Las ubicaciones son presentadas como dirección y convertidas a coordenadas geográficas. Las solicitudes son requerimientos específicos (Ej. Revisión de los procedimientos de seguridad laboral), y traducidos a carreras con mayor afinidad. Si la empresa no presenta 5 solicitudes, los espacios se mantienen en blanco.

IDE	Nombre	Turno	Solicitud1	Solicitud2	Solicitud3	Solicitud4	Solicitud5	Latitud	Longitud
1	Empresa176	Mixto	Administración	Actuaría	Contaduría	Diseño Gráfico	Economía	19.292144	-99.140701
2	Empresa134	Mixto	Ingeniería	Economía	Actuaría	Derecho	Comunicación	19.240382	-99.105642
3	Empresa174	Mixto	Trabajo Social	Economía	Actuaría	Química	Diseño Gráfico	19.267459	-99.190783
4	Empresa103	Mixto	Contaduría	Derecho	Química	Trabajo Social	Actuaría	19.24184	-99.138551
5	Empresa227	Mixto	Economía	Administración	Química		Derecho	19.359242	-99.205496
6	Empresa3	Mixto	Química	Administración	Ingeniería	Actuaría	Economía	19.304094	-99.149182
7	Empresa61	Mixto	Trabajo Social	Administración	Contaduría	Economía	Ingeniería	19.454501	-99.147681
8	Empresa181	Mixto	Administración	Trabajo Social	Comunicación	Diseño Gráfico	Química	19.40495	-99.127831
9	Empresa34	Mixto	Actuaría		Contaduría	Derecho	Trabajo Social	19.222971	-99.87893
10	Empresa152	Mixto	Contaduría	Química	Actuaría	Administración		19.404078	-99.159615
11	Empresa209	Mixto	Contaduría	Ingeniería	Comunicación	Trabajo Social	Derecho	19.297781	-99.127478
12	Empresa98	Mixto	Comunicación	Química	Diseño Gráfico	Contaduría	Ingeniería	19.323788	-99.78319
13	Empresa161	Mixto	Contaduría	Química	Diseño Gráfico	Comunicación	Administración	19.412506	-99.201296
14	Empresa182	Mixto	Economía	Contaduría	Trabajo Social	Comunicación		19.475942	-99.111727

Ilustración 30 Registro de empresas

Los registros transferidos a Python son transformados a listas:

Alumnos: [[1, 'Diseño Gráfico', 'Mixto'], [2, 'Economía', 'Mixto'], [3, 'Actuaría', 'Mixto'], [...]]

Empresas: [[1, 0, 1, 3, 5, 6, 'Mixto'], [2, 0, 2, 4, 6, 7, 'Mixto'], [3, 0, 5, 6, 9, 10, 'Mixto'], [4, 0, 3, 4, 9, 10, 'Mixto'], [...]]

Incluyendo:

- Alumnos:
 - Índice
 - Carrera
 - Turno
- Empresas
 - Índice
 - 5 Requisitos
 - Turno

Los requerimientos de las empresas son normalizados a números identificadores representativos de carreras, basados en su posición relativa y orden de aparición, por lo que, para diferentes sets de datos, la normalización puede ser diferente:

[0:'Actuaría', 1:'Administración', 2:'Comunicación', 3:'Contaduría', 4:'Derecho', 5:'Diseño Gráfico', 6:'Economía', 7:'Ingeniería', 8:'Libre', 9:'Química', 10:'Trabajo Social']

La secuencia de solicitudes se ordena de menor a mayor para facilitar la identificación de secuencias iguales o similares.

Se forman N equipos de estudiantes y M grupos de empresas, determinados por la cantidad de individuos (n, m) dentro de cada uno. De conformidad a los parámetros del problema original, se genera una secuencia no repetitiva de 50 valores representativos de los índices de los consultores y 30 de las empresas para realizar un corte de $n \setminus m$ valores y generar $N \setminus M$ listas aleatorias no repetitivas:

Equipo 1 [N_1]: [0, 6, 14, 18, 19]

Grupo 1 [M_1]: [0, 2, 21]

Se generan dos matrices de población de $n*N$ y $m*M$. Cada vector es evaluado mediante una función extractora de valores carrera, solicitudes y turnos, para ser convertidos en indicadores.

Los indicadores son generados a partir de reglas simples basadas en la convergencia o divergencia del problema. Para alumnos, el indicador de carreras busca la divergencia, bajo la política de equipos con diferentes carreras, mientras que el indicador de turnos busca la convergencia para generar un equipo con disponibilidad de horario similar. Para empresas, ambos indicadores buscan la convergencia para asegurar que los equipos asignados cumplan lo mejor posible con todas las solicitudes.

Se busca la maximización del indicador de carreras para alumnos; la existencia de carreras repetidas reduce la calidad del indicador en una proporción:

$$IndC_A = \#No\ repeticiones / n$$

El indicador de turnos busca la menor divergencia posible, representado por el máximo registro de variables categóricas iguales:

$$IndT_A = Max(\#Repeticiones) / n$$

El indicador requisitos de las empresas esta dado por la menor divergencia, sin embargo, la estructura de múltiples solicitudes afecta la evaluación del indicador a:

$$IndR_E = \#Elementos\ Únicos / m$$

Para alumnos:

['Comunicación', 'Ingeniería', 'Ingeniería', 'Actuaría', 'Administración'] → IndC_A: 0.8

['Derecho', 'Comunicación', 'Química', 'Ingeniería', 'Contaduría'] → IndC_A: 1.0

['Mixto', 'Mixto', 'Mixto', 'Mixto', 'Mixto'] → IndT_A: 1.0

['Mixto', 'Mixto', 'Mixto', 'Matutino', 'Matutino'] → IndT_A: 0.6

Para empresas:

$$[0, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] \rightarrow IndR_E: 2.0$$

$$[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9] \rightarrow IndR_E: 1.8$$

$$['Mixto', 'Mixto', 'Mixto'] \rightarrow IndT_E: 1.0$$

$$['Mixto', 'Mixto', 'Matutino'] \rightarrow IndT_E: 0.66$$

Se busca el máximo valor indicador de carreras, turnos y el mínimo valor indicador de requisitos dentro de los vectores de indicadores:

$$\begin{aligned}
 \text{Par 1: } & \begin{cases} VIndC_A = [0.8, 0.8, 1.0, 0.8, 0.6, 1.0, 0.8, 0.6, 1.0, 0.8] \xrightarrow{Max} 1.0 \\ VIndT_A = [1.0, 1.0, 1.0, 0.6, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0] \xrightarrow{Max} 1.0 \end{cases} \\
 \text{Par 2: } & \begin{cases} VIndR_E = [2.0, 2.0, 1.8, 1.8, 2.0, 1.6, 1.6, 1.8, 1.8, 1.8] \xrightarrow{Min} 1.6 \\ VIndT_E = [1.0, 1.0, 0.6, 1.0, 1.0, 0.3, 1.0, 0.6, 1.0, 1.0] \xrightarrow{Max} 1.0 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Se realiza una evaluación por pares, almacenando las mejores cadenas representativas de la población. Del par 1, los elementos 3, 6 y 9 representan los mejores pares [1.0,1.0]; para el par 2 solo se almacena el séptimo elemento [1.6,1.0].

Con los mejores elementos de la primera generación, se aplica un algoritmo genético para combinar las secuencias de índices en nuevas generaciones, utilizando un criterio de competencia por selección aleatoria no repetitiva, valuando su aptitud por medio de los indicadores. Para la población de alumnos el par es multiplicado entre sí, para generar un valor escalar de aptitud para la competencia:

$$A_{A_i} = IndC_{A_i} * IndT_{A_i}$$

Para empresas el indicador de turnos es multiplicado por el inverso del indicador de solicitudes para generar una competencia en donde el ganador será el que tenga la mayor aptitud para ambas poblaciones:

$$A_{E_i} = \frac{IndT_{E_i}}{IndS_{E_i}}$$

De la matriz de competidores ganadores se seleccionan pares y se genera una cruce al 100%, tomando números aleatorios menores que $n \setminus m$ como puntos de corte, se extraen las secuencias internas de ambos elementos y recombinan con la parte restante del otro individuo.

Existe una probabilidad del 5% de generarse una nueva secuencia de cruce para cada generación, seleccionando dos secuencias aleatorias de la nueva generación y dos números menores que $n \setminus m$ como identificador de los individuos seleccionados para ser cruzados, los cuales intercambiarán su posición entre sí pese a que formen parte de secuencias diferentes.

La serie de *competición-cruza* puede generar secuencias con individuos repetidos que se pretende evitar durante la generación de población inicial, sin embargo, la evaluación por pares de indicadores los reconoce como malas soluciones dados los criterios de divergencia/convergencia. En caso de que la repetición interna de individuos persista, se activa un código de reparación de la secuencia, que modifica el elemento repetido por un elemento al azar.

PA:50; N:10; n:5

Creación: PA: 7, 16, 21, 38, 43 | 0, 12, 17, 41, 44 | 5, 20, 24, 39, 49 | 25, 30, 32, 45, 47 | 4, 13, 26, 34, 36 | 6, 9, 28, 33, 46 | 1, 8, 11, 14, 18 | 3, 10, 15, 29, 48 | 2, 23, 31, 40, 42 | 19, 22, 27, 35, 37
 PE: 13, 16, 25 | 1, 3, 6 | 5, 10, 22 | 4, 14, 21 | 17, 20, 27 | 7, 9, 29 | 2, 15, 19 | 11, 12, 23 | 0, 18, 26 | 8, 24, 28

PE:30; M:10; m:3

	$N_1 = 7, 16, 21, 38, 43$	$N_3 = 5, 20, 24, 39, 49$	$M_1 = 13, 16, 25$	$M_4 = 4, 14, 21$	
Evaluación:	$E_1 = [0.8, 1.0]$	$E_3 = [1.0, 1.0]$	$E_1 = [1.8, 1.0]$	$E_4 = [2.2, 0.6]$	→ Registro de Mejores
Aptitud:	$A_{A1} = 0.8$	$A_{A3} = 1.0$	$A_{E1} = 0.55$	$A_{E4} = 0.2727$	
Competencia:	$N_1 vs N_7; G = N_1$	$N_3 vs N_2; G = N_3$	$M_1 vs M_9; G = M_1$	$M_4 vs M_3; G = M_4$	
Cruza:	7, 16, 21, 38, 43	5, 20, 24, 39, 49	13, 16, 25	4, 14, 21	
	7, 20, 24, 39, 43	5, 16, 21, 38, 49	4, 14, 25	13, 16, 25	
Mutación:	7, 20, 24, 39, 43	5, 16, 21, 38, 49	4, 14, 25	13, 16, 25	
	2, 23, 31, 40, 42	4, 13, 26, 34, 36	7, 9, 29	11, 12, 23	
	7, 20, 31, 39, 43	5, 16, 21, 34, 49	4, 9, 25	11, 16, 25	
	2, 23, 24, 40, 42	4, 13, 26, 38, 36	7, 14, 29	13, 12, 23	

Ilustración 31 Fase de creación

Para garantizar una mayor exploración y evitar la rápida convergencia hacía un resultado por la alta probabilidad de cruce y baja probabilidad de mutación, la serie de *creación-*

evaluación-competición-cruza-mutación es reiniciada X número de veces, registrando las mejores secuencias de cada generación y re-inicialización.

Combinación

Durante la primera fase se generan y extraen grandes cantidades de valores únicos de las mejores secuencias mediante los atributos categóricos de turno y carrera-requerimiento. La reducción de la complejidad para cantidades masivas de información se puede alcanzar utilizando un sistema de ranqueo de datos o experimentos con restricciones que remueven y clasifican valores, reduciendo el espacio de búsqueda significativamente (Le Van, y otros, 2014). Para la combinación, se utiliza un sistema de ranqueo que subdivide a la población bajo pares de indicadores. Con la secuencia par 2 como población registrada, el ranqueo se establece a partir de sus aptitudes:

$A_{R1}^E [1.6,1] = 0.625$	Rango	Par
	1	7
$A_{R2}^E [1.8,1] = 0.55$	2	4, 9, 10
$A_{R3}^E [2,1] = 0.5$	3	1, 2, 5
	[...]	[...]

Para evitar largos tiempos de procesamiento, se utiliza $R1$ de ambas poblaciones y un módulo de evaluación de elementos en rango para garantizar la máxima exploración posible; si detecta una cantidad menor a tres secuencias dentro de $R1$, une los rangos $R1$ y $R2$.

Las secuencias de índices [SI] de alumnos se transforman para identificarse por medio de su carrera [SC], utilizando la codificación numérica normalizada de las empresas.

$$SI_{A1} = [0, 1, 2, 13, 47] \rightarrow SC_{A1} = [0, 3, 4, 5, 6]$$

La transformación incluye el reordenamiento de la secuencia de carreras para facilitar la identificación de secuencias similares o iguales, por lo que la transformación sigue un orden local modificado con respecto a la secuencia de índices (2,13,47,0,1).

Se extrae la información de las 5 solicitudes de cada empresa perteneciente al grupo y se une en una secuencia unificada de valores:

$$SI_{E1} = [7, 25, 26] \rightarrow [1, 2, 5, 9, 10, 1, 2, 5, 8, 10, 1, 2, 6, 9, 10] \rightarrow SS_{E1} = [1, 2, 5, 6, 8, 9, 10]$$

Con el par de extracciones de cada elemento (SI_E y SI_A), se genera un calificador de relaciones basado en el número de repeticiones dentro de la secuencia de carreras combinada [SCX]:

$$SCX_{1,1} = [1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 0, 3, 4, 5, 6] \rightarrow [1: 1, 2: 1, 3: 1, 4: 1, 5: 2, 6: 2, 8: 1, 9: 1, 10: 1]; Cal = 4$$

La máxima calificación (10) se define por la cantidad de miembros dentro del equipo (5), con una posibilidad de repetición de 2 (1 de empresas y 1 de estudiantes). Las combinaciones que entran dentro de un umbral de evaluación de 8-10, se transforman a su secuencia de índices específica:

$$SCX_{Ni,Mi} = [0, 2, 3, 5, 7], [0, 2, 3, 5, 6, 7, 9]; Cal = 10 \rightarrow SI_{Ni} = [1, 3, 5, 30, 47], SI_{Mi} = [12, 23, 29]$$

Tabla 5 Listado de evaluaciones de los mejores

Alumnos	Empresas	Calificación
[1, 3, 5, 30, 47],	[[12, 23, 29],	10
[1, 6, 8, 20, 42],	[12, 23, 29],	10
[1, 6, 8, 20, 42],	[16, 18, 23],	10
[1, 18, 25, 41, 42],	[8, 12, 13],	10
[...]	[...]	[...]

La combinación evalúa las conexiones entre ambas poblaciones, la creación durante la generación y mutación evalúa la calidad de la secuencia.

Ubicación

La tercera fase evalúa la relación del atributo ubicación. Para la propuesta heurística, no se considera la implementación de la metodología de teselado hexagonal, se toma cada secuencia de individuos dentro de la combinación calificada, transformando los índices a coordenadas geográficas $[U_{N_i}, U_{M_i}]$ para evaluar la distancia máxima³ entre cada nodo.

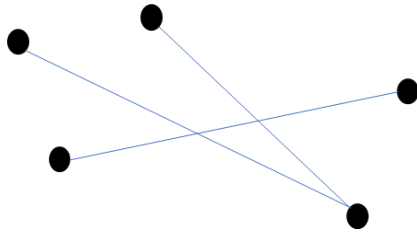


Ilustración 33 Distancia máxima entre nodos

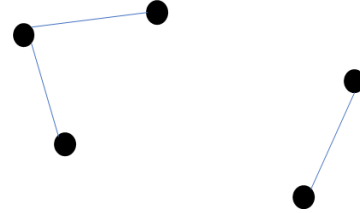


Ilustración 32 Distancia mínima entre nodos

$$SI_{N_i} = [1, 3, 15, 17, 26]$$

$$\hookrightarrow U_{N_i}: ([19.5062, -99.1538], [19.3441, -99.1032], [19.3222, -99.2622], [19.448, -99.116328], [19.2835, -99.1561])$$

$$SI_{M_i} = [1, 12, 22] \rightarrow U_{M_i}: ([19.292144, -99.140701], [19.323788, -99.783190], [19.264112, -99.685900])$$

Para cada par de nodos:

$$C_n = 5C2 = \binom{5}{2} = 10 = (1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (2,3), (2,4), (2,5), (3,4), (3,5), (4,5)$$

$$C_m = 3C2 = \binom{3}{2} = 3 = (1,2), (1,3), (2,3)$$

Se evalúa la distancia asociada a las combinaciones generadas:

³ Se utiliza la distancia máxima para asegurar un indicador relativo a distancias más notable, ya que no se elaboran ciclos para la evaluación de redes.

$$D_{N_i} = \begin{bmatrix} (1,2) = 18.7895 \\ (1,3) = 23.4060 \\ (1,4) = 7.5705 \\ (1,5) = 24.7643 \\ (2,3) = 16.8598 \\ (2,4) = 11.6349 \\ (2,5) = 8.7352 \\ (3,4) = 20.7313 \\ (3,5) = 11.9304 \\ (4,5) = 18.7630 \end{bmatrix}$$

Sumando la distancia de los máximos identificados de cada nodo para determinar la distancia máxima del equipo o grupo:

$$D_{maxN_i} = \sum_i^5 Dmax(i) = 24.7643 + 18.7895 + 23.4060 + 20.7313 + 24.7643 = 112.46 \text{ km}$$

$$D_{maxM_i} = \sum_i^3 Dmax(i) = 192.34 \text{ km}$$

La búsqueda de distancias máximas se repite para cada par de combinaciones calificadas, incluyendo la ubicación del centroide de cada polígono $[C_{N_i}, C_{M_i}]$, para obtener la distancia entre centroides de equipos y grupos:

Tabla 6 Distancias y centroides

SI_{N_i}	D_{maxN_i}	C_{N_i}	SI_{M_i}	D_{maxM_i}	C_{M_i}
[1, 3, 15, 17, 26]	112.46	19.37862, - 99.158693	[6, 12, 29]	192.34	19.32744, - 99.5477
[1, 3, 15, 17, 26]	112.46	19.37862, - 99.158693	[6, 18, 23]	54.15	19.39436, - 99.1538
[1, 3, 15, 17, 26]	112.46	19.37862, - 99.158693	[12, 22, 29]	34.73	19.3141, - 99.72664
[...]					

Tabla 7 Distancias de las combinaciones

SI_{N_i}	$D_{\max N_i}$	SI_{M_i}	$D_{\max M_i}$	Cal	$D_{C_{N_i}, C_{M_i}}$
1,3,15,17,26	112.52	1,12,22	192.34	10	40.7687291
1,3,15,17,26	112.52	1,12,23	198.18	10	22.6597178
1,3,15,17,26	112.52	2,12,23	206.58	10	21.9760662
1,3,15,17,26	112.52	6,12,22	189.64	10	40.9567806
1,3,15,17,26	112.52	6,12,29	192.33	10	41.2096077
1,3,15,17,26	112.52	6,18,23	54.15	10	1.82444037
			[...]		

El manejo de los datos estructurados como planos focales a través de las etapas de creación-combinación-ubicación, continúa el concepto de programación de acceso: las mejores combinaciones de x variables categóricas permiten el desarrollo de evaluaciones subsecuentes. La estructura modular de la codificación permite la modificación de los procedimientos, permitiendo que el usuario defina la prioridad de evaluación sobre la distancia:

- Reducir la distancia general entre grupos, sin importar la distancia entre individuos
- Reducir la distancia entre individuos sin importar la distancia entre grupos
- Minimizar los tres atributos con el incremento en distancia en varios grupos
- La búsqueda de un equilibrio entre grupos e individuos

Metodología de Teselado Hexagonal

El uso de atributos y su manipulación como planos reestructuran el fundamento de la Metodología de Asignación por Teselado Hexagonal (MATH), pasando de una base colonial codificada a un sistema basado en coordenadas geográficas, incrementando la flexibilidad sobre el dinamismo de la transformación del atributo ubicación a distancia y transformando los atributos a una red de múltiples niveles de información capaz de definir patrones.

El diseño propuesto de teselado hexagonal opera diferentes niveles de información sobre un plano geográfico, contenidos en hexágonos que logran unificar la información y facilitar su manejo. Su estructura parte del análisis de la división de las metodologías en dos sets:

- Metodologías basadas en información
- Metodologías gráficas

De cuya intersección se adquieren diferentes características:

- Basadas en información: la simplificación, optimización y capacidad de manipulación.
- Gráficas: la capacidad visual y fácil comprensión del usuario.

En la primera iteración de la metodología, el atributo ubicación se asocia con la división política de la ciudad, extrayendo información de las 16 alcaldías y 1,568 colonias como punto de referencia para generar medidas automatizadas entre colonias. Durante su implementación se observó:

- Las bases de datos oficiales tienen registros diferentes para las mismas colonias
- Las áreas son asimétricas
- No existe ningún patrón que facilite la creación de sistemas automatizados de evaluación.

La segunda iteración (MATH) genera una base de datos utilizando figuras simétricas para dividir uniformemente el plano geográfico que comprende la ciudad. El teselado hexagonal

cubre el plano con mayor precisión por su similitud a la circunferencia, permitiendo la evaluación de un área con distancia semirregular por cada división territorial en celdas.

MATH se desarrolló gráficamente a partir de la manipulación del plano colonial, utilizando sus definiciones para determinar la ubicación de la población en celdas dentro del plano hexagonal. Las redes se construyeron con relaciones bidireccionales por cada atributo considerando las bases de datos coloniales como fuente para definir la división territorial asociada al teselado. Bajo la programación de acceso, las redes bipartitas de conexión conllevan una modificación por la reducción del espacio de búsqueda, facilitando la asignación.

La solución de la MATH sobre el problema de asignación de consultores y empresas regula mediante programación de acceso las relaciones externas de convergencia y divergencia entre ambas poblaciones a través del análisis de los atributos horario y carrera-requerimiento, limitando la transformación del atributo ubicación a distancia. Con la aplicación de las restricciones de convergencia-divergencia para relaciones internas, el atributo distancia y accesibilidad definen la generación de equipos y grupos.

La tercera iteración (MTH), utiliza el problema original para definir su funcionamiento ante la complejidad mostrada por el mismo y surge de la definición gráfica de la MATH como plataforma de contención de información en supernodos para análisis de patrones a partir de diferentes planos conectados a coordenadas geográficas por medio de cadenas de atributos.

La subdivisión del territorio en celdas uniformes genera la capacidad de contención de múltiples elementos almacenados dentro de unidades de mayor tamaño, creando superceldas que simplifican la evaluación de atributos y distancias necesaria para la asignación.

La formación de redes independientes en diferentes niveles de teselado permite la creación de soluciones específicas para cada atributo:

- Nivel de Atributos de carreras-requerimiento
- Nivel de Atributo de horario.
- Nivel de Ubicación

Gráficamente, reubica los elementos individuales de la población con la convergencia de localización en el centro de cada celda, generando redes asociadas con el código en cadena y realizando la evaluación de asociación entre los diferentes niveles de las celdas ocupadas.

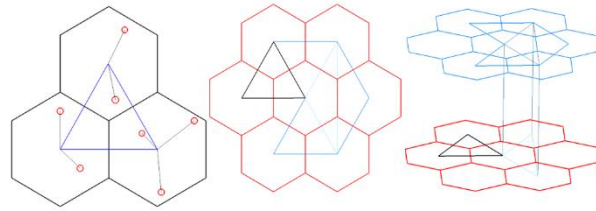


Ilustración 34 Procesamiento de información mediante Teselado Hexagonal

Con la división de planos, cada elemento (estudiante o empresa) está conformado por cadenas de atributos, las relaciones entre cada elemento se regulan a través de intercadenas de atributos y los cortes de celda facilitan la búsqueda de relaciones al particionar el plano en unidades contenedoras de múltiples elementos (supernodos). Dadas múltiples secuencias de eventos alineadas se pueden encontrar similitudes entre ellas, permitiendo la detección de patrones (Henelius, Karlsson, Papapetrou, Ukkonen, & Puolamaki, 2016).

Existen dos formas generales de analizar los planos de forma gráfica:

- Planos coincidentes: Utiliza un corte de celda base para proyectarse sobre otros planos con información codificada diferente.
- Planos no-coincidentes: Utilizan cortes de celda específicos para cada tipo de información contenida dentro del plano.

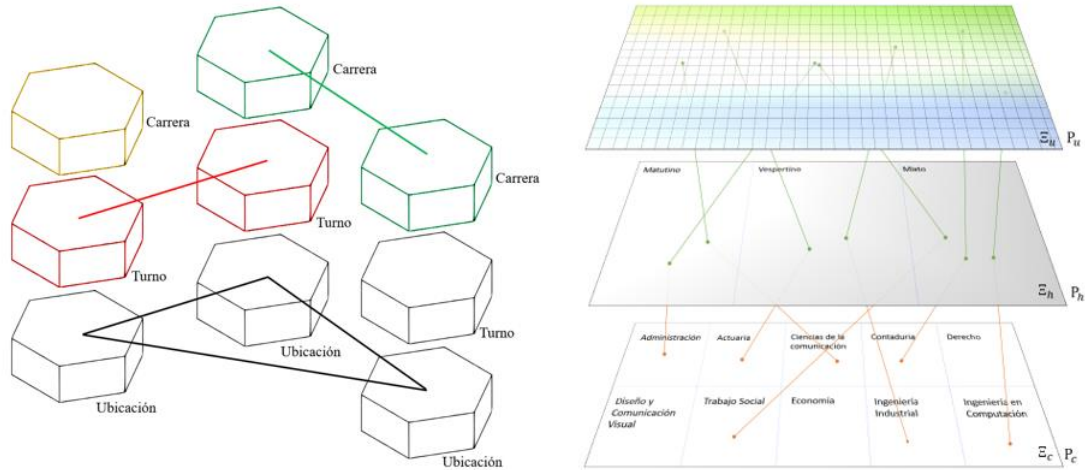


Ilustración 35 Planos coincidentes y no-coincidentes

La definición gráfica de los planos genera los fundamentos lógicos detrás de la codificación, pero no afecta el procesamiento operativo de los datos. Una cadena de atributos para cualquier representación seguirá simbolizado al elemento a través de los planos.

La comunicación interna de celda (CIC) hace referencia a la existencia y búsqueda de múltiples cadenas de atributos coexistiendo en una misma sección de celdas compartida a través de los planos.

La comunicación externa de celda (CEC) obedece los criterios de solución para problemas de tipo multicriterio, al dividir los atributos en planos buscando soluciones locales para cada uno de ellos. CEC representa la modulación de los posibles algoritmos de solución en cada plano:

- Atributo carrera: Genera la búsqueda de soluciones factibles bajo los criterios de convergencia y divergencia.
- Atributo Horario y Atributo Distancia: Busca soluciones de convergencia para ambas poblaciones.

En la codificación asociada a MATH, CEC es detonado por la programación de acceso, evaluando al atributo horario y estableciendo solo las relaciones existentes de carreras-

requerimientos que cumplan con la coincidencia. Su capacidad de modulación de algoritmos toma relevancia en la evaluación de ubicación-distancia.

La plataforma contempla la transferencia de contenido de una celda de tamaño predefinido a otras de menor o mayor tamaño, generando superceldas.

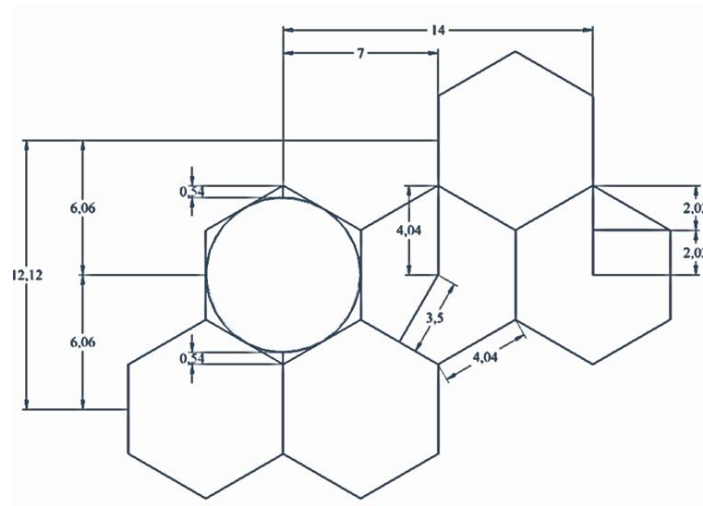


Ilustración 36 Gráfica de Movimiento para hexágonos de apotema 3.5

El escalamiento de la supercelda dentro del teselado queda establecido bajo la variación de movimientos a través de niveles verticales, horizontales y diagonales.

Los movimientos verticales a partir del centro de celda en MATH son equivalentes a:

$$MV = N(1.5L); N: \text{niveles de movimiento vertical}$$

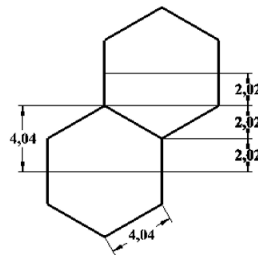


Ilustración 37 Movimiento vertical

El movimiento vertical a partir de la apotema definido por el lado:

$$L = 2a/\sqrt{3}$$

$$MV = \sqrt{3} * Na$$

El movimiento horizontal:

$$MH = N(2a)$$

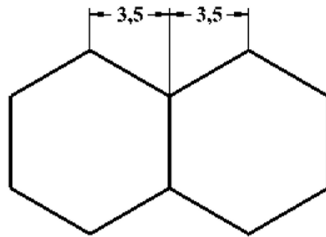


Ilustración 38 Movimiento horizontal

La simetría de la figura define los movimientos en diagonal con la misma fórmula de movimiento horizontal.

Los movimientos hexagonales son definidos a partir del centro de la primera figura de referencia. Una distancia generada dentro de 10 hexágonos representa la variación de 9 niveles a partir del hexágono origen, con escalamiento expansivo y reductivo definidos por la apotema, la cantidad de niveles a escalar y su relación con el movimiento vertical:

$$MV = \sqrt{3} * Na$$

$$\Lambda_e = \sqrt{3} * Na; \Lambda_e: \text{Apotema expandida}$$

$$\Lambda_r = \frac{a}{\sqrt{3} * N}; \Lambda_r: \text{Apotema reducida}$$

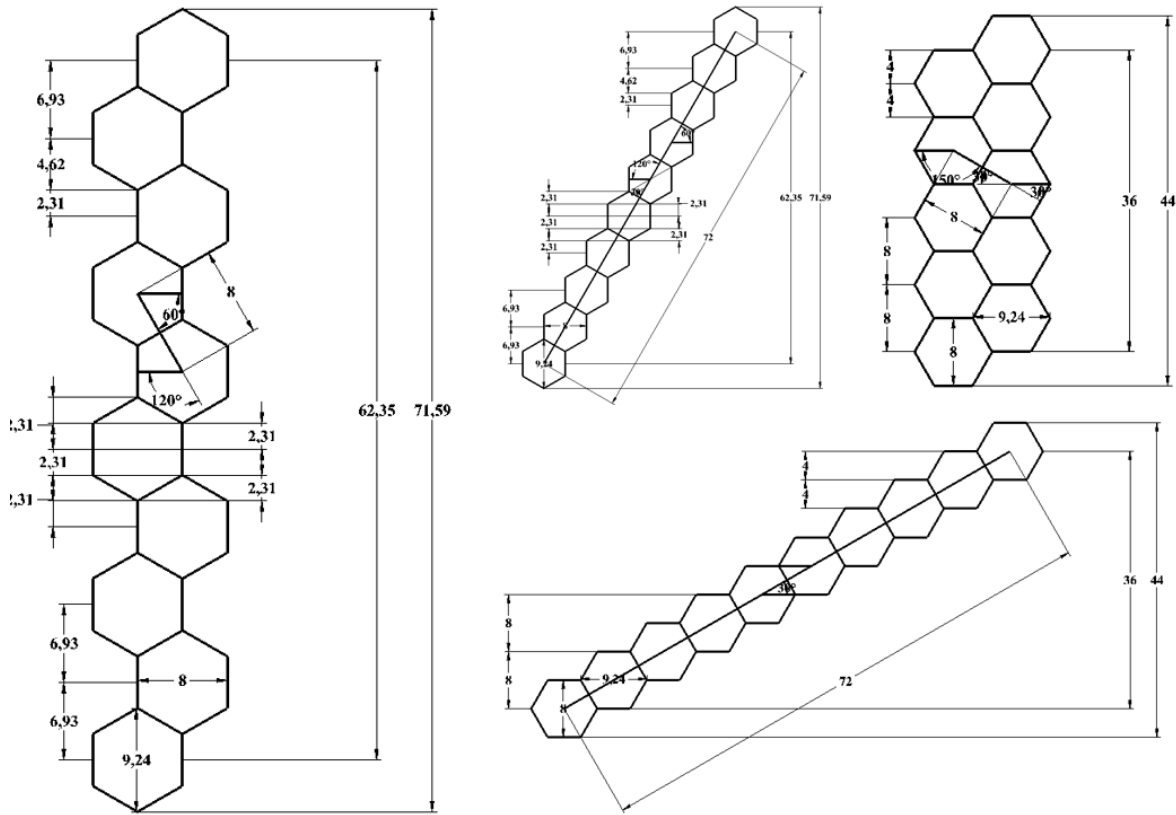


Ilustración 39 Movimientos hexagonales

El escalamiento establece la medida de la apotema de la supercelda o minicelda y provoca la “rotación” del hexágono, modificando las propiedades de movimiento. Se recomienda el uso de la terminología de movimiento vertical, para hacer referencia al movimiento realizado hacia los vértices del hexágono y movimiento apotémico para hacer referencia al movimiento realizado por la apotema.

Paralelamente a su versión gráfica, la información contenida en una celda puede anidarse en una supercelda, potencializando la capacidad de análisis del sistema mediante estudios macrométricos y micrométricos de la información a través de los niveles de atributos.

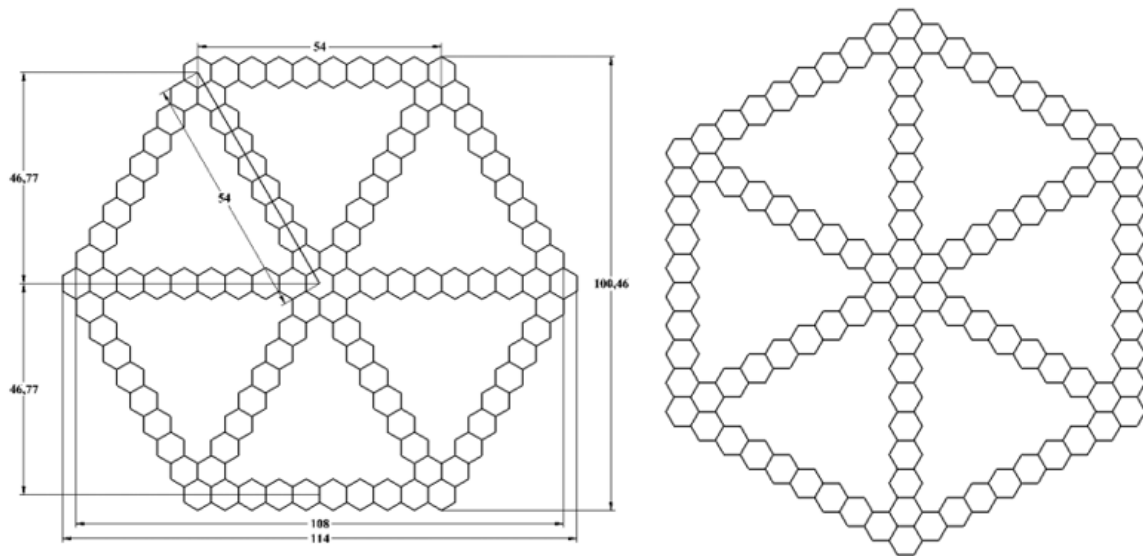


Ilustración 40 Efectos de escalamiento sobre el teselado hexagonal

La definición de micro celdas a través del teselado requiere la conceptualización de la unidad de celda básica (celda de apotema mínima), diferente a la unidad de análisis básica (elemento: persona o empresa). La celda básica conlleva la generación de un plano de teselado completo formado por celdas base para definir el posicionamiento de los elementos y permitir su transformación a superceldas.

La reducción de la celda base a través de las colonias es inversamente proporcional a la cantidad de procesamiento. La automatización de reducción no es viable por los requerimientos de catalogación requerida para la base de datos.

La celda básica contempla una unidad base normalizada para planos geográficos, la definición de atributos como planos tiene la capacidad de utilizar la categorización por coordenadas geográficas. El uso de coordenadas geográficas proporciona mayor exactitud durante la transformación del atributo ubicación y contribuye a la determinación de los vértices del hexágono a partir de su centro.

El desarrollo de MATH incluyó la construcción de un mapa físico para relacionar los planos hexagonales y coloniales. El análisis de la relación entre las circunferencias internas y

externas del hexágono definió el tamaño óptimo de la celda bajo el tamaño promedio de las colonias.

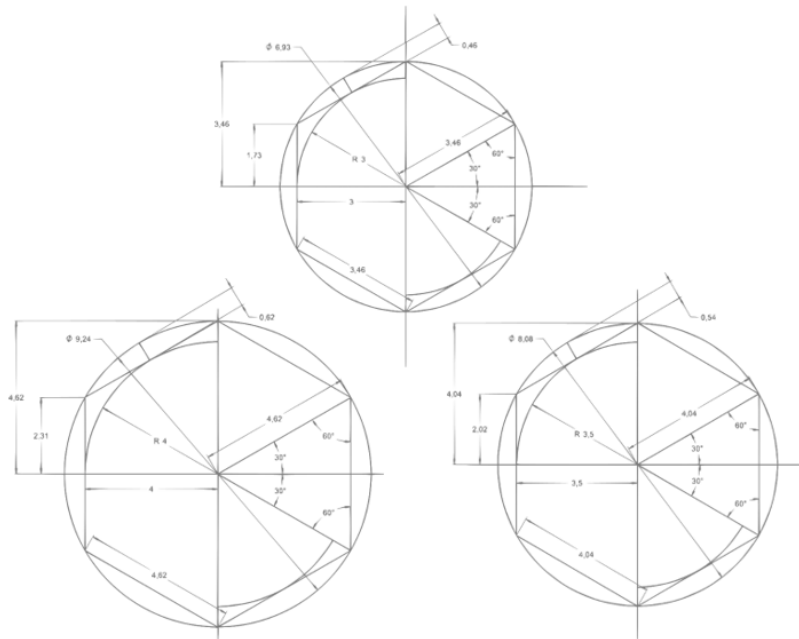


Ilustración 41 Proporciones del hexágono

El estudio de las proporciones del hexágono bajo la inclusión de coordenadas geográficas dentro del plano teselado utiliza las fórmulas relacionadas por la apotema para las tres figuras utilizadas:

El lado del hexágono a partir de su división en triángulos:

$$L = 2a/\sqrt{3}$$

El perímetro del hexágono:

$$P = 6L$$

$$P = 12a/\sqrt{3} = 4a\sqrt{3}$$

El área del hexágono:

$$A = P * a/2$$

$$A = 12a^2/2\sqrt{3} = 2a^2\sqrt{3}$$

El radio de la circunferencia interna es proporcional a la apotema:

$$r_{C_i} = a$$

El área de la circunferencia interna definido por la apotema:

$$A_{C_i} = \pi * a^2$$

El radio de la circunferencia externa es proporcional al lado del hexágono:

$$r_{C_e} = L$$

$$r_{C_e} = 2a/\sqrt{3}$$

El área de la circunferencia externa definido por la apotema:

$$A_{C_e} = \pi * r_{C_e}^2$$

$$A_{C_e} = \pi * (2a/\sqrt{3})^2 = 4\pi a^2/3$$

La diferencia entre las circunferencias

$$C_{dif} = r_{C_e} - r_{C_i}$$

$$C_{dif} = (2a/\sqrt{3}) - a$$

La diferencia del área del hexágono con la circunferencia interna:

$$A_{H_i} = A - A_{C_i}$$

$$A_{H_i} = a^2(2\sqrt{3} - \pi)$$

La diferencia del área del hexágono con la circunferencia externa:

$$A_{H_e} = A_{C_e} - A$$

$$A_{H_e} = (2a^2/3) * (2\pi - 3\sqrt{3})$$

El error interno unitario conformado por los triángulos de base cóncava en la diferencia entre el hexágono y la circunferencia interna:

$$e_i = \frac{A_{H_i}}{6}$$

El error externo unitario conformado por semielipses en la diferencia entre el hexágono y la circunferencia externa:

$$e_e = \frac{A_{H_e}}{6}$$

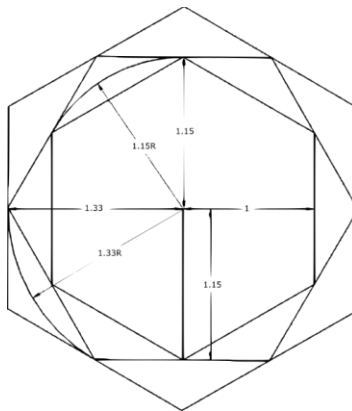


Ilustración 42 Escalamiento del hexágono intercalado en lados y apotemas

El escalamiento de los hexágonos obedece a la relación entre el lado, el radio de la circunferencia circunscrita y la apotema. El escalamiento de un hexágono de apotema unitaria genera un hexágono de apotema 1.15 y lado 1.33, con circunferencias internas y externas de

radios iguales a las medidas del hexágono. Un hexágono de apotema 1.33 será un hexágono ampliado, mientras que uno de lado 1.15 será un hexágono reducido.

Tabla 8 Métricas de variación en apotemas

Apotema	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50
L	3.46	4.04	4.62	5.20	5.77	6.35	6.93	7.51	8.08	8.66
P	20.78	24.25	27.71	31.18	34.64	38.11	41.57	45.03	48.50	51.96
A	31.18	42.44	55.43	70.15	86.60	104.79	124.71	146.36	169.74	194.86
r_{Ci}	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50
A_{Ci}	28.27	38.48	50.27	63.62	78.54	95.03	113.10	132.73	153.94	176.71
r_{Ce}	3.46	4.04	4.62	5.20	5.77	6.35	6.93	7.51	8.08	8.66
A_{Ce}	37.70	51.31	67.02	84.82	104.72	126.71	150.80	176.98	205.25	235.62
C_{aif}	0.46	0.54	0.62	0.70	0.77	0.85	0.93	1.01	1.08	1.16
e_i	0.48	0.66	0.86	1.09	1.34	1.63	1.94	2.27	2.63	3.02
e_e	1.09	1.48	1.93	2.45	3.02	3.65	4.35	5.10	5.92	6.79
A_{Hi}	2.90	3.95	5.16	6.53	8.06	9.76	11.61	13.63	15.80	18.14
A_{He}	6.52	8.88	11.60	14.67	18.12	21.92	26.09	30.62	35.51	40.76

La diferencia entre el hexágono y la circunferencia externa es mayor a la diferencia entre el hexágono y la circunferencia interna. Los triángulos de base cóncava formados por la circunferencia interna generan menor error que las semielipses con respecto a la circunferencia externa.

El hexágono de apotema unitaria escala a través de los niveles en proporción de $\sqrt{3}$, de conformidad a la fórmula establecida para la apotema expandida ($\Lambda_e = \sqrt{3} * Na$), definida a través del movimiento vertical, causando que el hexágono expandido conserve la orientación original y modificando las métricas del lado. La conservación de la métrica de lado como unidad de escalamiento para un hexágono de $a = 1$ y $L = 1\sqrt{3}$, escalará un nivel a $L_1 = 2\sqrt{3}$ y dos niveles a $L_2 = 3\sqrt{3}$, con apotema de 3 y 4.5 respectivamente. Bajo la definición de error reducido para circunferencias internas, la relación intercalada entre el lado

y la apotema para el escalamiento origina la rotación del hexágono, estableciendo la $a_1 = 2\sqrt{3}$ y $a_2 = 3\sqrt{3}$ a partir del hexágono original.

Con la definición de los movimientos y el escalamiento dentro del plano teselado con coordenadas geográficas puede ser establecida la ubicación específica de los 6 vértices representativos del hexágono base. El factor de crecimiento $\sqrt{3}$ determina directamente la posición de los vértices inferior y superior, los vértices laterales quedan determinados por una función de variación entre la apotema y el factor de crecimiento.

Con la determinación de vértices por coordenadas geográficas, se reduce la rigidez en la función del hexágono base y la construcción de plano completo no es requerida, los hexágonos pueden ser generados a partir de la información contenida, dependiente de diferentes tipos de métricas.

Con la definición de una red que permite la adaptación de los nodos a través de una topología dinámica, se puede generar una red descentralizada capaz de formar cualquier conexión. Un grupo de nodos conectados en un área geográfica permite operaciones pese a que los nodos se encuentren dentro o fuera del área. El tamaño de cobertura dependerá de los atributos de los nodos que contengan. (Wilson & Chen, 2009) (Jahir, Atiquzzaman, Refai, & Paranjothi, 2019).

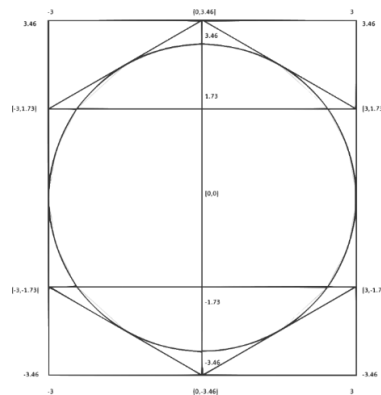


Ilustración 43 Ubicación de vértices mediante coordenadas para un hexágono de apotema tres

Tabla 9 Determinación de Coordenadas Geográficas para variaciones de apotemas

Apotema	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50
LT C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LN C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LT 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LN 1	3.46	4.04	4.62	5.20	5.77	6.35	6.93	7.51	8.08	8.66
LT 2	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50
LN 2	1.73	2.02	2.31	2.60	2.89	3.18	3.46	3.75	4.04	4.33
LT 3	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50
LN 3	-1.73	-2.02	-2.31	-2.60	-2.89	-3.18	-3.46	-3.75	-4.04	-4.33
LT 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LN 4	-3.46	-4.04	-4.62	-5.20	-5.77	-6.35	-6.93	-7.51	-8.08	-8.66
LT 5	-3.00	-3.50	-4.00	-4.50	-5.00	-5.50	-6.00	-6.50	-7.00	-7.50
LN 5	-1.73	-2.02	-2.31	-2.60	-2.89	-3.18	-3.46	-3.75	-4.04	-4.33
LT 6	-3.00	-3.50	-4.00	-4.50	-5.00	-5.50	-6.00	-6.50	-7.00	-7.50
LN 6	1.73	2.02	2.31	2.60	2.89	3.18	3.46	3.75	4.04	4.33

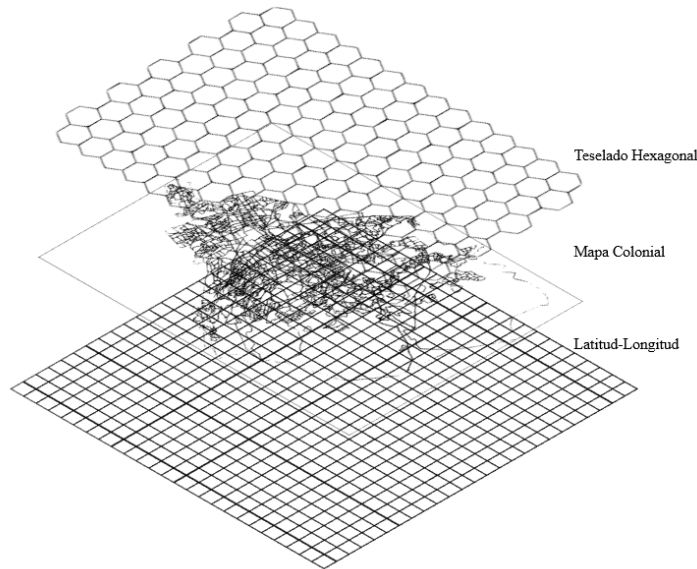


Ilustración 44 Paralelismo entre el plano geográfico con división colonial, coordenadas geográficas y teselado hexagonal

La reinterpretación de las colonias como supernodos relaciona estudiantes y empresas seccionando el plano asociado directamente a una base de datos codificada que interpreta la dirección de los elementos y genera una métrica de distancia entre las colonias con datos integrados. La irregularidad geométrica de las colonias no permite la estandarización para el agrupamiento y definición de métricas. MATH utiliza el seccionamiento de planos en cortes uniformes, transfiriendo la información de las bases de datos coloniales dentro de hexágonos. MTH divide planos de atributos definidos por elementos para estructurar una solución para cada uno de ellos. El teselado apoyado por coordenadas geográficas representa un algoritmo de solución para el atributo distancia reflejado sobre los otros planos.

Con las coordenadas geográficas, se puede utilizar la fórmula del semiverseno (Haversine) para la determinación de distancias entre centros de agrupamiento. La función del teselado se limita a un sistema de agrupamiento hexagonal con capacidad de escalamiento y autogeneración bajo requerimiento. Con la relación directa a coordenadas geográficas no es requerido el teselado completo, se puede calcular la ubicación específica de los hexágonos únicamente para las celdas con información integrada, reduciendo considerablemente la información requerida para el procesamiento, permitiendo una mayor escalabilidad del sistema.

RESULTADOS

Con la ausencia de datos históricos se creó un modelo de simulación alimentado por la información recopilada a partir de las extracciones de datos de empresas y carreras, para determinar la capacidad y resiliencia de la estructura diseñada, creando diferentes escenarios con la variación de los criterios seleccionados para definir su comportamiento usual y umbral de soluciones. Durante la programación y prueba de la simulación, se generaron mejoras en diferentes módulos contenidos dentro de la metodología, principalmente en los módulos de procedimiento de asignación y grupos.

Con los datos del problema original, se analizaron las respuestas de las cuatro metodologías. Los resultados comparativos entre la Metodología de la Coordinación y MATH se retomaron de estudios previos, considerando que la metodología de la coordinación no contiene procesos definidos y depende de las decisiones de esta.

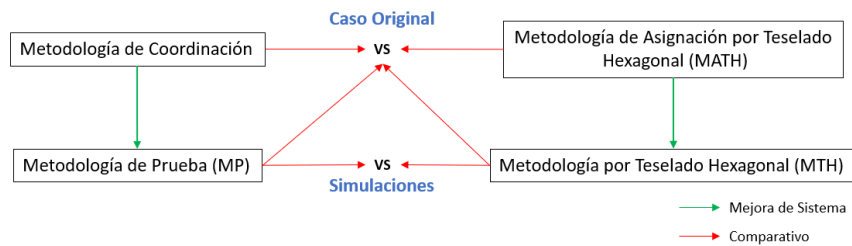


Ilustración 45 Metodologías y casos de evaluación

El estudio sobre las simulaciones se limitó a la Metodología de Prueba, actuando como una representación aproximada de los procesos de selección y asignación realizados por la coordinación; y la Metodología por Teselado Hexagonal, como revisión, mejora y adaptación del sistema MATH para permitir el uso de la información de la simulación.

La simulación consiste en tres diferentes escenarios, con 10 repeticiones cada uno, de entradas aleatorias definidas por los datos extraídos para:

1. 50 estudiantes y 30 empresas, siguiendo los parámetros originales del problema (Equipos de cinco estudiantes y tres empresas)
2. 100 estudiantes y 60 empresas, con parámetros originales.
3. Oferta abierta, con parámetros originales.

Caso Original

Tabla 10 Resultados obtenidos por las metodologías con datos del problema original

Metodología	Distancia Total (km)	Turnos coincidentes (%)	Carreras coincidentes (%)
Coordinación (MC)	1,645.90	68.57	48.57
MATH	1,351.62	100	96.19
Metodología de Prueba (MP)	1,300.13	78.10	94.29
MP con orden aleatorio	1,383.16	82.85	71.43
Metodología por Teselado Hexagonal (MTH)	1,060.98	94.29	85.71

De los datos originales, se evaluaron las repuestas de las metodologías, advirtiéndose:

- El proceso de la coordinación elaboró los peores resultados asociados a los tres atributos.
- MATH disminuye la distancia total por 294 km y consecuentemente el promedio de viaje por miembro al final del programa de 1,161.8 km a 954.09 km para ese periodo.
- MATH alcanzó el 100% de turnos coincidentes, debido a la programación de acceso instaurada para la definición del resto de atributos,
- MATH incrementó en 47.6% el número de relaciones de carreras coincidentes con respecto al MC.
- La metodología de prueba (MP), como una versión estructurada de MC, pese a no considerar el atributo ubicación explícitamente consiguió una reducción en la distancia de 51.49 km, pero redujo los porcentajes asociados a turnos y carreras coincidentes.

- Un segundo lanzamiento de la MP con las listas iniciales de estudiantes y empresas reordenadas aleatoriamente incrementó la distancia en 83.03 km (31.54 km por arriba de MATH), demostrando la dependencia del MP al orden inicial dado.
- La metodología por teselado hexagonal (MTH), disminuyó en 239.15 km la distancia total con respecto al mínimo encontrado al momento (MP), una disminución asociada a la coincidencia de turnos y carreras del 5.71% y 10.48% respecto a los mejores encontrados (MATH).

Escenario 50:30

La simulación del primer escenario con 10 series aleatorias considera la llegada de 50 estudiantes y 30 empresas para formar equipos de cinco estudiantes para asesorar a grupos de tres empresas (parámetros originales). La finalidad de la simulación es constatar el funcionamiento de ambos modelos (MP y MTH) ante los requerimientos originales del problema.

Tabla 11 Resultados de los 10 casos del primer escenario

Caso	Atributo	MP	MTH	Diferencia	Caso	Atributo	MP	MTH	Diferencia
S1	Distancia	1894.55	1748.79	145.76	S6	Distancia	2172.96	1694.05	478.91
S1	C. Turno	99.32%	98.67%	0.65%	S6	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%
S1	C. Carrera	82.22%	85.93%	3.70%	S6	C. Carrera	80.72%	94.73%	14.00%
S2	Distancia	1764.15	1490.55	273.60	S7	Distancia	1968.84	1624.41	344.43
S2	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%	S7	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%
S2	C. Carrera	77.62%	79.02%	1.40%	S7	C. Carrera	69.93%	89.68%	19.75%
S3	Distancia	1895.49	1893.6	1.89	S8	Distancia	1650.30	1438.4	211.91
S3	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%	S8	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%
S3	C. Carrera	66.42%	62.77%	-3.65%	S8	C. Carrera	71.01%	83.29%	12.27%
S4	Distancia	2046.61	1705.73	340.88	S9	Distancia	1791.53	1504.95	286.59
S4	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%	S9	C. Turno	100.00%	98.67%	1.33%
S4	C. Carrera	75.00%	89.85%	14.85%	S9	C. Carrera	80.29%	94.66%	14.36%
S5	Distancia	2260.07	1814.47	445.60	S10	Distancia	1892.85	1775.59	117.27
S5	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%	S10	C. Turno	99.33%	100.00%	-0.67%
S5	C. Carrera	78.01%	90.39%	12.37%	S10	C. Carrera	69.93%	88.77%	18.84%

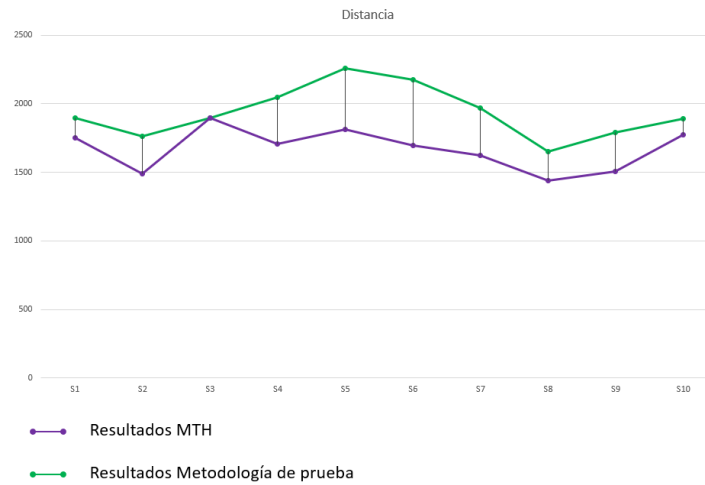


Ilustración 46 Gráfico comparativo de distancia entre MP y MTH

Los casos S3, S10 y S1 muestran la menor diferencia en distancia entre ambas metodologías (1.895 km, 117.27 km y 145.76 km). Los casos S6, S5 y S7 exhiben las diferencias de los máximos (478.9167 km, 445.6062 km y 344.4387 km). Se presenta un promedio de distancias de MP de 1933.7419 km y de 1669.054 para MTH, con una diferencia promedio de 264.6879 km. Ambas metodologías ostentan cierta simetría en la proyección, con la excepción del caso S3, convergiendo hacia un mismo valor. En todos los casos del escenario 50:30 la metodología MTH exhibe las menores distancias.

Los casos S7, S10 y S4 muestran la mayor diferencia en la relación de coincidencia de carreras entre ambas metodologías (19.75%, 18.84% y 14.85%). Los casos S2, S3 y S1 exhiben las diferencias mínimas (1.40%, 3.65% y 3.7%). Se presenta un promedio de coincidencia de carreras en MP de 75.12% y de 85.91% para MTH, con una diferencia promedio de 10.79%. En general MTH exhibe las mejores coincidencias de carreras, con la excepción del S3, en donde MP obtiene 3.65% arriba de MTH.

Los datos presentados en el atributo carrera contienen un error asociado a la existencia de la diferencia relacionada con la no coincidencia entre la oferta y la demanda, limitando el número máximo de aciertos que cualquier método puede alcanzar, volviéndose susceptibles a un arreglo de disparidad.

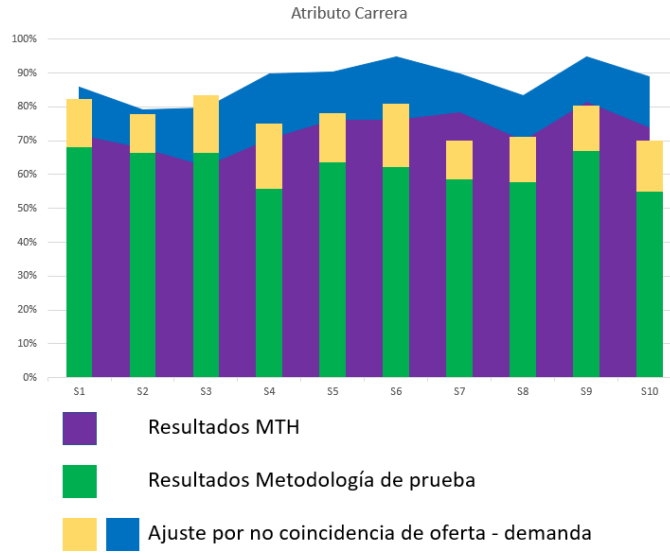


Ilustración 47 Gráfico comparativo de carrera entre MP y MTH

Por las características de los datos del atributo horario, no es necesario aplicar ningún arreglo de disparidad sobre él.

Tabla 12 Resultados obtenidos en orden descendente

Distancia		Carreras	
MP	MTH	MP	MTH
2260.08	1893.6	82.22%	94.73%
2172.97	1814.47	80.72%	94.66%
2046.62	1775.59	80.29%	90.39%
1968.85	1748.79	78.01%	89.85%
1895.49	1705.73	77.62%	89.68%
1894.55	1694.05	75.00%	88.77%
1892.86	1624.41	71.01%	85.93%
1791.54	1504.95	69.93%	83.29%
1764.15	1490.55	69.93%	79.02%
1650.31	1438.4	66.42%	62.77%

En general los valores arrojados por MTH se encuentran por debajo de la media de distancia de MP y por arriba de la misma para coincidencia de carreras.

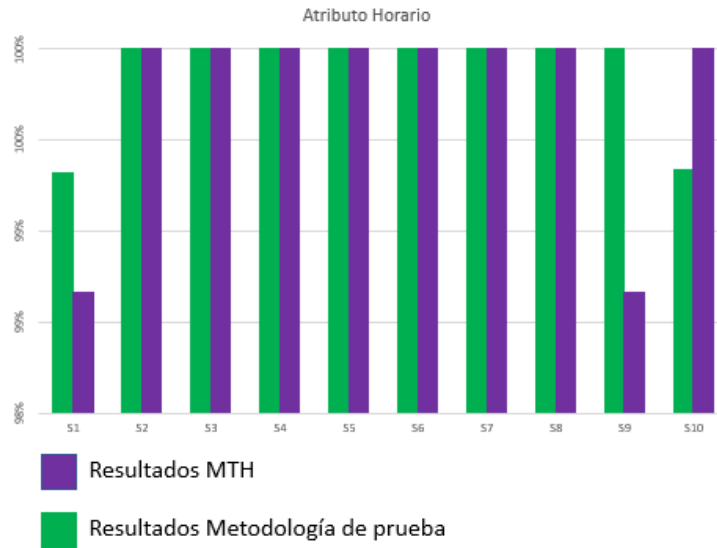


Ilustración 48 Gráfico comparativo de turno entre MP y MTH

Para el atributo horario, la fuente de datos extraída muestra preferencia por turnos mixtos, por lo que el comparativo de metodologías obtuvo valores cercanos al 100% para ambas, con una diferencia máxima de 1.5% y promedio de 0.13%

Escenario 100:60

La simulación del segundo escenario con 10 series aleatorias duplica los valores asociados a ambas poblaciones, considerando la llegada de 100 estudiantes y 60 empresas con los parámetros originales. La finalidad del segundo escenario es determinar si el sistema presenta errores al procesar cantidades mayores de datos, incrementar la visualización de fallas existentes y definir si el diseño se encuentra limitado por las cantidades del problema original.

Tabla 13 Resultados de los 10 casos del segundo escenario

Caso	Atributo	MP	MTH	Diferencia	Caso	Atributo	MP	MTH	Diferencia
S1	Distancia	7307.24	3128.41	4178.83	S6	Distancia	4348.03	2922.92	1425.11
S1	C. Turno	98.67%	99.67%	-1.00%	S6	C. Turno	99.67%	100.00%	-0.33%
S1	C. Carrera	66.91%	85.98%	19.07%	S6	C. Carrera	71.53%	79.80%	8.27%
S2	Distancia	3515.24	3195.7	319.54	S7	Distancia	3958.22	2906.9	1051.31
S2	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%	S7	C. Turno	99.00%	99.33%	-0.33%
S2	C. Carrera	76.09%	89.38%	13.30%	S7	C. Carrera	77.03%	85.04%	8.00%
S3	Distancia	4051.50	2789.81	1261.69	S8	Distancia	4514.16	3218.66	1295.50
S3	C. Turno	99.67%	100.00%	-0.33%	S8	C. Turno	100.00%	99.67%	0.33%
S3	C. Carrera	83.09%	89.81%	6.72%	S8	C. Carrera	81.00%	85.33%	4.33%
S4	Distancia	3984.93	2972.57	1012.36	S9	Distancia	4099.22	3013.21	1086.01
S4	C. Turno	99.67%	99.33%	0.33%	S9	C. Turno	100.00%	99.67%	0.33%
S4	C. Carrera	79.43%	89.94%	10.51%	S9	C. Carrera	79.86%	83.93%	4.08%
S5	Distancia	3853.28	2795.01	1058.27	S10	Distancia	3882.42	2993.64	888.78
S5	C. Turno	98.33%	100.00%	-1.67%	S10	C. Turno	100.00%	99.67%	0.33%
S5	C. Carrera	81.95%	88.37%	6.42%	S10	C. Carrera	72.73%	86.41%	13.69%

Los casos S2, S10 y S4 muestran la menor diferencia en distancia entre ambas metodologías (319.54 km, 888.77 km y 1012.36 km). Los casos S1, S6 y S8 exhiben las diferencias de los máximos (4178.82 km, 1425.11 km y 1295.50 km). Se presenta un promedio de distancias de MP de 4351.42 km y de 2993.68 para MTH, con una diferencia promedio de 1357.74 km. En este escenario no prevalece la simetría observada entre las metodologías, el caso S1 presenta la mayor diferencia observada. En todos los casos del escenario 100:60 la metodología MTH exhibe las menores distancias.

Los casos S9, S8 y S5 muestran la menor diferencia en la relación de coincidencia de carreras entre ambas metodologías (4.08%, 4.33% y 6.32%). Los casos S1, S10 y S2 exhiben las diferencias de los máximos (19.07%, 13.69% y 13.30%). Se presenta un promedio de coincidencia de carreras en MP de 76.96% y de 86.40% para MTH, con una diferencia promedio de 9.44%. En todos los casos del escenario 100:60 la metodología MTH exhibe las mayores coincidencias de carrera.

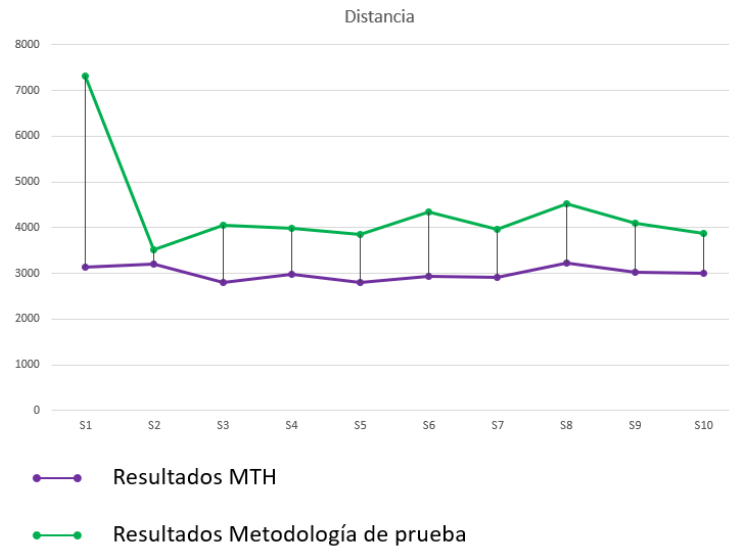


Ilustración 49 Gráfico comparativo de distancia entre MP y MTH (Escenario 2)

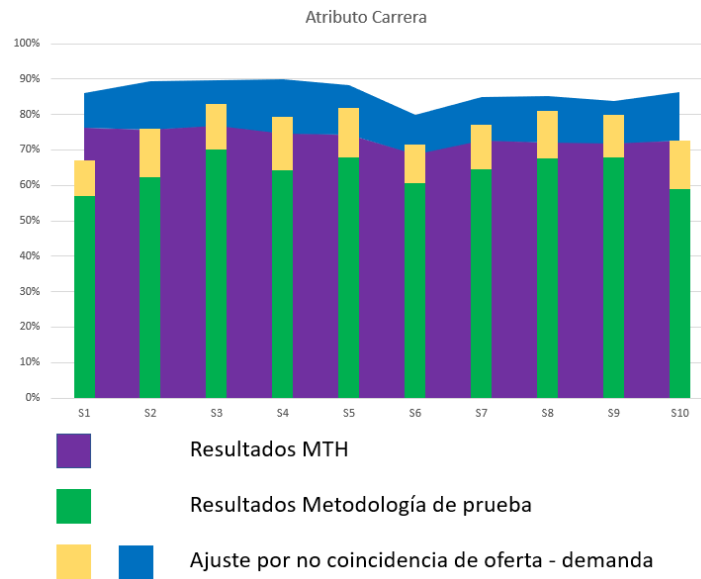


Ilustración 50 Gráfico comparativo de carrera entre MP y MTH (Escenario 2)

Tabla 14 Resultados obtenidos en orden descendente (Escenario 2)

Distancia		Carreras	
MP	MTH	MP	MTH
7307.24	3218.66	83.09%	89.94%
4514.16	3195.7	81.95%	89.81%
4348.03	3128.41	81.00%	89.38%
4099.22	3013.21	79.86%	88.37%
4051.50	2993.64	79.43%	86.41%
3984.93	2972.57	77.03%	85.98%
3958.22	2922.92	76.09%	85.33%
3882.417	2906.9	72.73%	85.04%
3853.28	2795.01	71.53%	83.93%
3515.24	2789.81	66.91%	79.80%

En cuestión de distancia, todos los valores obtenidos por MTH se encuentran por debajo de la media y del menor valor arrojado de MP. Para coincidencia de carreras, MTH se encuentra por arriba de la media de MP en todos los casos.

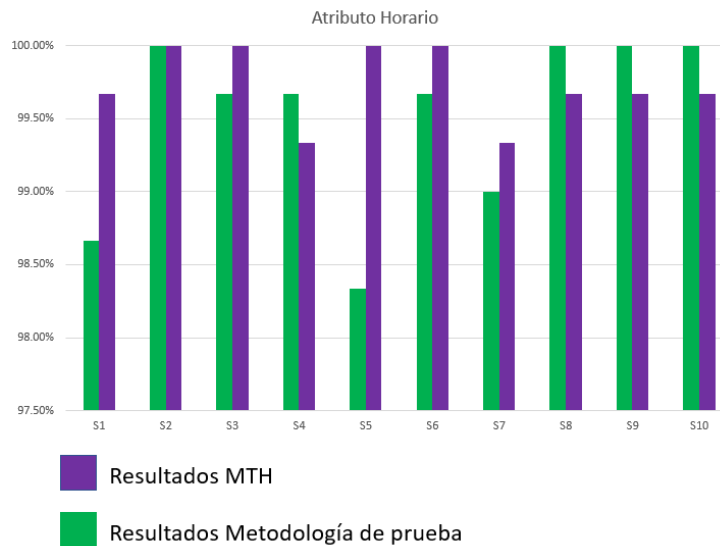


Ilustración 51 Gráfico comparativo de turno entre MP y MTH (Escenario 2)

Los casos S2 y S7 muestran la menor diferencia en la relación de coincidencia de turnos entre ambas metodologías (0.00% y 0.33%). Los casos S5 y S1 exhiben las diferencias de los máximos (1.67% y 1.00%). Se presenta un promedio de coincidencia de turnos en MP de 99.50% y de 99.73% para MTH, con una diferencia promedio de 0.23%. En los casos S3, S6, S7, S1 y S5 MTH es superior (0.33%, 1.00% y 1.67%), mientras que MP obtiene mejores resultados en los casos S4, S8, S9 y S10 (0.33%)

Se concluye que ambos sistemas son capaces de procesar un volumen mayor de información. Bajo análisis se determinó que la diferencia anómala observada en el caso S1, corresponde a la explotación de la debilidad de la Metodología de Prueba, creando listas con atributos cuyo orden afecta el proceso de asignación e incrementa la distancia asociada y la coincidencia del atributo carrera.

Escenario Oferta Abierta

La finalidad de la simulación del tercer escenario con 10 series aleatorias considera al arreglo de disparidad. Para evaluar la capacidad de búsqueda del sistema ante espacios no balanceados, se creó la simulación de oferta abierta, generando 150 estudiantes y 30 empresas con los parámetros originales, incrementando la posibilidad de encontrar estudiantes con atributos relacionados a las necesidades de las empresas.

Los casos S5, S1 y S7 muestran la menor diferencia en distancia entre ambas metodologías (1236.13 km, 1343.24 km y 1378.19 km). Los casos S9, S10 y S8 exhiben las diferencias de los máximos (2061.26 km, 1991.09 km y 1954.38 km). Se presenta un promedio de distancias de MP de 2991.744 km y de 1364.889 para MTH, con una diferencia promedio de 1626.855 km. De los tres escenarios, este presenta la mayor diferencia promedio entre las metodologías. No prevalece la simetría observada entre las metodologías de la primera simulación. En todos los casos del escenario de oferta abierta la metodología MTH exhibe las menores distancias.

Tabla 15 Resultados de los 10 casos del tercer escenario

Caso	Atributos	MP	MTH	Diferencia	Caso	Atributos	MP	MTH	Diferencia
S1	Distancia	2790.78	1447.54	1343.24	S6	Distancia	2623.17	1230.14	1393.03
S1	C. Carrera	82.69%	85.85%	3.16%	S6	C. Carrera	75.76%	83.84%	8.08%
S1	C. Turno	98.67%	99.33%	-0.67%	S6	C. Turno	99.33%	98.67%	0.67%
S2	Distancia	2739.71	1225.71	1513.99	S7	Distancia	3102.51	1724.32	1378.19
S2	C. Carrera	85.42%	90.82%	5.40%	S7	C. Carrera	91.11%	93.33%	2.22%
S2	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%	S7	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%
S3	Distancia	3200.91	1578.01	1622.90	S8	Distancia	3175.23	1220.85	1954.38
S3	C. Carrera	93.68%	86.32%	-7.37%	S8	C. Carrera	78.57%	83.67%	5.10%
S3	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%	S8	C. Turno	99.33%	100.00%	-0.67%
S4	Distancia	3131.24	1356.9	1774.34	S9	Distancia	3152.96	1091.7	2061.26
S4	C. Carrera	92.71%	85.42%	-7.29%	S9	C. Carrera	79.61%	83.50%	3.88%
S4	C. Turno	99.33%	100.00%	-0.67%	S9	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%
S5	Distancia	2679.21	1443.08	1236.13	S10	Distancia	3321.73	1330.64	1991.09
S5	C. Carrera	90.20%	79.41%	-10.78%	S10	C. Carrera	84.69%	84.69%	0.00%
S5	C. Turno	100.00%	100.00%	0.00%	S10	C. Turno	100.00%	98.00%	2.00%

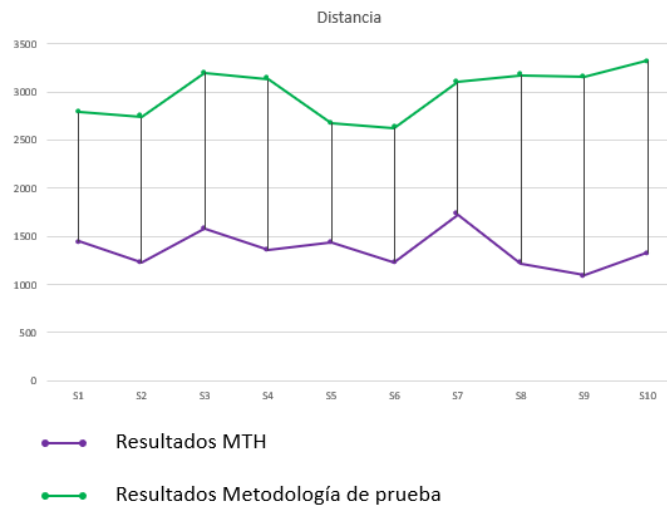


Ilustración 52 Gráfico comparativo de distancia entre MP y MTH (Escenario 3)

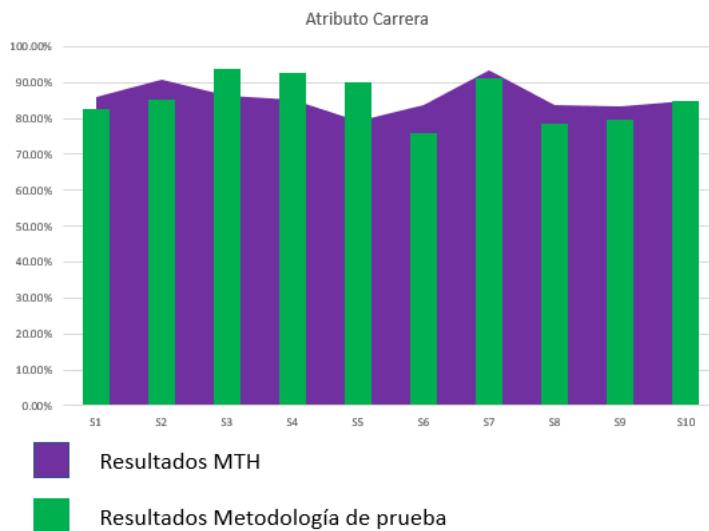


Ilustración 53 Gráfico comparativo de carrera entre MP y MTH (Escenario 3)

El escenario busca optimizar el número y calidad de las asignaciones mediante una oferta abierta, por ello, no requiere ajuste de no coincidencia. Los casos S10, S7 y S1 muestran la menor diferencia en la relación de coincidencia de carreras entre ambas metodologías (0%, 2.22% y 3.16%). Los casos S5, S6 y S3 exhiben las diferencias de los máximos (10.78%, 8.08% y 7.37%). Se presenta un promedio de coincidencia de carreras en MP de 85.44% y de 85.68% para MTH, con una diferencia promedio de 0.24%. En los casos S3, S4 y S5 la MP logró obtener un mayor porcentaje de coincidencia en carreras, mientras que en el resto MTH fue superior. Los resultados muestran la preferencia de búsqueda de MTH sobre la distancia, considerando al atributo carrera como un elemento complementario.

En cuestión de distancia, todos los valores obtenidos por MTH se encuentran por debajo de la media y del menor valor arrojado de MP. En coincidencia de carreras, ambos se encuentran dentro del mismo rango. Las diferencias para este escenario muestran los criterios de búsqueda de las metodologías, MP busca las mejores coincidencias de carreras, sin darle importancia a las distancias o turnos, mientras que MTH busca las mejores coincidencias de los tres atributos, dando mayor peso a la distancia.

Tabla 16 Resultados obtenidos en orden descendente (Escenario 3)

Distancia		Carreras	
MP	MTH	MP	MTH
3321.73	1724.32	93.68%	93.33%
3200.91	1578.01	92.71%	90.82%
3175.23	1447.54	91.11%	86.32%
3152.96	1443.08	90.20%	85.85%
3131.24	1356.9	85.42%	85.42%
3102.51	1330.64	84.69%	84.69%
2790.78	1230.14	82.69%	83.84%
2739.71	1225.71	79.61%	83.67%
2679.21	1220.85	78.57%	83.50%
2623.17	1091.7	75.76%	79.41%

Los casos S2, S3, S5, S7 y S9 muestran coincidencia de turnos del 100%. Los casos S1, S4 y S8 son los casos en donde MTH supera a MP (0.67%). Los casos S6 y S10 son los casos en donde MP supera a MTH (0.67% y 2%). Se presenta un promedio de coincidencia de turnos en MP de 99.67% y de 99.60% para MTH, con una diferencia promedio de 0.07%.

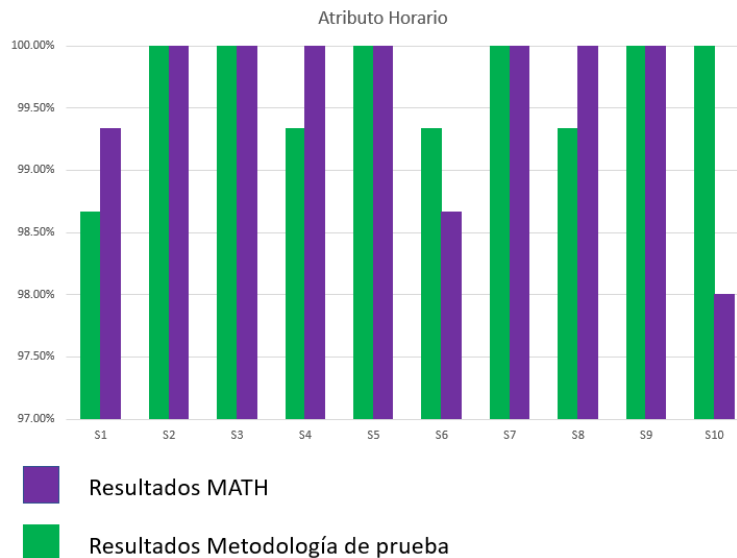


Ilustración 54 Gráfico comparativo de turno entre MP y MTH (Escenario 3)

CONCLUSIÓN

El problema revisado incluye umbrales de dos poblaciones con cambios semestrales relacionadas mediante tres atributos, dos categóricos y uno dependiente de las composiciones con reglas asociadas a convergencia y divergencia para la generación de equipos y grupos.

En la primera iteración de la metodología, el atributo ubicación se asocia con la división política de la ciudad como punto de referencia para la definición de distancias y las colonias como elementos contenedores de individuos y empresas. Los atributos carrera-requisito y horario son utilizados para la programación de acceso, asociando los atributos distancia y accesibilidad para las relaciones que cumplen ambas solicitudes. Los resultados obtenidos exhiben la necesidad de una malla de cobertura para la identificación de áreas uniformes.

La asignación por teselado es capaz de soportar sets repetitivos; contiene y unifica la información en figuras geométricas simétricas facilitando su administración. La comunicación de celdas a través del plano es estática, utilizándolo para determinar las distancias entre celdas activas definidas por individuos dentro de ellas. MATH aplica las restricciones de convergencia-divergencia para relaciones internas, en conjunto con indicadores del atributo distancia y accesibilidad definen la generación de equipos y grupos.

La metodología de prueba es una propuesta de asignación bajo los criterios de divergencia y convergencia del intermediario, utiliza las relaciones entre carreras y sirve como elemento de comparación, capaz de crear una serie de evaluaciones repetitivas sobre una estructura fija a través de operaciones guiadas por diagramas de flujo.

De los resultados, se percibe la capacidad de un desarrollo dirigido a una plataforma capaz de almacenar mediciones y analizar patrones de información contenida, mediante simplificación de áreas geográficas a través de múltiples atributos. Su evolución requiere comprobar y validar los resultados obtenidos, creando tres ejercicios de simulación para probar los métodos y sus diferencias en diferentes circunstancias.

Como parte de la validación de resultados, se desarrolló una tercera alternativa para evaluar la aplicación de algoritmos heurísticos sobre el problema. La aplicación de algoritmos exactos no es factible por la cantidad de variables, dinamismo del problema, capacidad del software y automatización. La alternativa utiliza algoritmos genéticos para evaluar la exploración y explotación de este, desarrollándose al mismo nivel que MATH, proporcionando posibles soluciones con indicadores, permitiendo al usuario seleccionar los más convenientes.

La tercera iteración (MTH) surge de la definición gráfica de la MATH como plataforma de contención de información en supernodos para análisis de patrones a partir de diferentes planos conectados a coordenadas geográficas por medio de cadenas de atributos.

MTH con coordenadas geográficas representa un algoritmo de solución para el atributo distancia reflejado sobre los otros planos. Posibilita el uso de diversas fórmulas, generando un sistema de agrupamiento hexagonal con capacidad de escalamiento y autogeneración bajo requerimiento sin necesidad del teselado completo. El cálculo de la ubicación se genera de las celdas con información integrada, reduciendo el procesamiento, permitiendo una mayor escalabilidad del sistema.

Los resultados demuestran que la metodología de teselado aplicado a sistemas computacionales cumple las necesidades de un método flexible, capaz de identificar y administrar diferentes niveles de información, manejando la rotación generada por cambios constantes sin incrementar la complejidad percibida por el usuario final. En primera instancia es difícil desarrollar un mapeo computarizado con múltiples espacios de búsqueda. La construcción modular permite la creación y modificación de los procedimientos aplicados a la estructura general, permitiendo la adaptación de otros formatos y la capacidad de evaluar múltiples algoritmos o políticas de asignación dentro del mismo espacio.

La mejora del sistema a través de las iteraciones con el problema de las consultorías como sistema de evaluación, comprueba la utilidad del método para el desarrollo de una plataforma capaz de contener múltiples espacios almacenados para la toma informada de decisiones en diversas índoles. Su aplicación sobre un campo más amplio requiere el almacenamiento

masivo de información, el uso de servidores, evaluación de tiempos de procesamiento, desarrollo de algoritmos para la búsqueda de patrones y codificaciones.

Un sistema de este tipo reduciría la brecha generada por la incertidumbre sobre la aplicación de medidas con el análisis de patrones.

REFERENCIAS

- Besseris, G. J. (2009). Prioritised multi-response product screening using fractional factorial design and order statistics. *Journal of Manufacturing Technology Management Vol.20*, 513-532.
- Boonmee, C., Mikiharu, A., & Asada, T. (2017). Facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. *Elsevier - International Journal of Disaster Risk Reduction*, 485-498.
- Braglia, M. (2000). MAFMA: multi-attribute failure mode analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management Vol. 17 No.9*, 1017-1033.
- Brownell, A., & Kerr, W. R. (2012). Location Choice for New Ventures: Choice within cities. *Harvard Business School*, 1-19.
- Cavaye, A. L. (1998). Using a multi-disciplinary research team to carry out research ub Information Systems. *Journal of Systems & Information Technology 2*, 19-35.
- Chiavenato, I. (2007). *Administración de Recursos Humanos*. México: McGraw Hill.
- Danas, K., Roudsaro, A., & Ketikidis, P. H. (2006). The applicability of a multi-attribute classification framework in the healthcare insutry. *Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 17 No.6*, 772-785.
- Gheitanchi, S., Ali, F., & Stipidis, E. (2010). Particle Swarm Optimization for adaptative resource allocation in communication networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 1-13.
- Grosser, T., Cohen, A., Holewinski, J., Sadayappan, P., & Verdoolaege, S. (2014). Hybrid Hexagonal/Classical Tiling for GPU's. *International Symposium on Code Generation and Optimization*. USA: ACM.

- Henelius, A., Karlsson, I., Papapetrou, P., Ukkonen, A., & Puolamaki, K. (2016). Semigeometric Tiling of Event Sequences. *ECML PKDD, Part 1, LNAI 9851* (pp. 329-344). Springer International Publishing.
- Hong, I., Kuby, M., & Murray, A. T. (2018). A range-restricted recharging station coverage model for drone delivery service planning. *Elsevier - Transportation Research Part C*, 198-212.
- Inturri, G., Le Pira, M., Giuffrida, N., Ignaccolo, M., Pluchino, A., Rapisarda, A., & D'Angelo, R. (2018). Multi-agent simulation for planning and designing new shared mobility services. *Research in Transportation Economics*.
- Jahir, Y., Atiquzzaman, M., Refai, H., & Paranjothi, A. (2019). Ad Hoc Networks. *Ad Hoc Networks* 82, 1-14.
- Jho, C.-W., & Lee, W.-h. (2012). Video Puzzle Game Application of Polyomino Re-tiling. *EMC Technology and Service, LNEE 181* (pp. 363-369). Springer Science+Business Media .
- Kadayif, I., & Kandemir, M. (2005). Data Space-Oriented Tiling for Enhancing Locality. *ACM Transactions on Embedded Computing Systems Vol. 4*, 388-414.
- Kerr, W. R., & Nanda, R. (2013). Location Choice for New Ventures: Cities. *Harvard Business School*, 1-14.
- Le Van, T., van Leeuwen, M., Nijssen, S., Fierro, A. C., Marchal, K., & De Raedt, L. (2014). Ranked Tiling. *European Conference on Machine Learning and Principles and Practices of Knowledge Discovery in Databases* (pp. 98-113). Berlin: Springer.
- Lee, H.-Y. (2017). Automatic photomosaic algorithm through adaptive tiling and block matching. *Multimed Tools Appl*, Vol. 76, 24281-24297.
- Liao, H., Xu, Z., & Xu, J. (2014). An approach to hesitant fuzzy multi-stage multi-criterion decision making. *Kybernetes Vol. 43 No.9/10*, 1447-1468.

- Liers, F., & Pardella, G. (2011). Simplifyng maximum flow computations: The effect of shrinking and good initial flows. *Discrete Applied Mathematics*, 2187-2203.
- Ling, B., Chen, Z., & Lu, Y. (2010). Designing a GIS-based regional competitiveness evaluating system. *Kybernetes Vol. 39 No.6*, 1009-1017.
- Liu, C., Zhou, Q., & Xiaoguang, H. (2015). Group consensus of heterogeneous multi-agent systems with fixed topologies. *International Journal of Intelligenet Computing and Cybernetics Vol. 8 No.4*, 294-311.
- Lotero, L., Jaramillo, P., & Rave, C. C. (2013). A heuristic decomposition method for large-scale traffic assignment: Aburra Valley case study. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la universidad de Antioquia*, 187-197.
- Luo, D., & Li, Y. (2015). Multi-stage and multi-attribute risk group decision-making method based on grey information. *Grey Systems: Theory and Application Vol. 5 No. 2*, 222-233.
- Marco, D. (2005). The importance of information flows temporal attributes for the efficient scheduling of dynamic demand responsive transport services. *Journal of Advanced Transportation Vol. 40 No. 1*, 23-46.
- Marulanda, M. V., Leguizamón, G., & Niño, K. (2010). Solución al problema de localización (CFLP) a través de búsqueda tabú y relajación lagrangeana, caso de estudio: industria de productos alimentarios. *Puente Revista Científica de la Universidad Pontificia Bolivariana - Seccional Bucaramanga*.
- Melkote, S., & Daskin, M. S. (2001). Theory and Methodology Capacited Facility location/network design problems. *Elsevier - European Journal of Operational Research*, 481-494.
- Nabilah, N., Mohd Sanusi S, A., & Ahmad Farhan Mohd, S. (2017). Optimizing pedestrian-friendly walking path for the first and last mile transit journey by using the analytical network process decision model and GIS network analysis. *The International*

Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W5, 137-144.

Naharudin, N., Ahamad, M. S., & Sadullah, A. F. (2017). Optimizing pedestrian-friendly walking path for the first and last mile transit journey by using the analytical network process (ANP) decision model and GIS network analysis. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Volume XLII-4/W5, 137-144.*

Nahm, Y., Ishikawa, H., & Yang, Y. (2007). A flexible and robust approach for preliminary engineering design based on designers preference. *Concurrent Engineering Research and Applications Vol. 15, 53-62.*

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo*. Ciudad de México: McGraw Hill.

Ouali, A., Zimmermann, A., Loudni, S., Lebbah, Y., Cremilleux, B., Boizumault, P., & Loukil, L. (2017). Integer Linear Programming for Pattern Set Mining with an Application to Tiling. *The Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 286-299). Springer.

Our World in Data. (2019). *Our World in Data*. Retrieved from <https://ourworldindata.org/world-population-growth>

Parsa, S., & Lotfi, S. (2006). A New Genetic Algorithm for Loop Tiling. *The Journal of Supercomputing, Vol. 37, 249-269.*

Pozzebon, M., Tello Rozas, S., & Aguilar Delgado, N. (2015). Use and consequences of participatory GIS in a Mexican municipality: Applying a multilevel framework. *RAE Revista de Administracao de Empresas, 290-303.*

Rios Esparza, G. A., & Alonso Ventura, P. (2016). *Optimización de asignación de personal entre grupos de apoyo y empresas, caso DGOSE UNAM*. Ciudad de México.

- Schönberger, J., & Kopfer, H. (2007). Autonomously controlled adaptation of formal decision models - Comparison of generic approaches. *Proceedings of the International Conference on Dynamics in Logistics*.
- Setiawan, I., Mahmud, A. R., Mansor, S., Shariff, A. M., & Nuruddin, A. A. (2004). GIS-grid-based and multi-criteria analysis for identifying and mapping peat swamp forest fire hazard in Pahang, Malaysia. *Disaster Prevention and Management Vol. 13 No.5*, 379-389.
- Shavarani, S. M., Nejad, M. G., Rismanchian, F., & Izbirak, G. (2017). Application of hierarchical facility location problem for optimization of a drone delivery system: a case study of Amazon prime air in the city of San Francisco. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-14.
- Skrinjar, J. P., Brnjac, N., & Drazen, Z. (2014). Location problems in transport network. *Scientific Journal of Maritime Research 2B*, 94-98.
- UNAM, C. d.-D. (2019). *Portal de Estadística Universitaria*. Retrieved from Perfiles: <http://www.estadistica.unam.mx/perfiles/>
- Vince, A. (1995). Rep-Tiling Euclidian space. *Aequationes Mathematicae*, 191-213.
- Wang, X., Wang, X. L., Chen, C., & Wilkes, D. M. (2013). Enhancing minimum spanning tree-based clustering by removing density-based outliers. *Digital Signal Processing*, 1523-1538.
- Wilson, J. W., & Chen, I. (2009). Performance characteristics of location-based group membership and data consistency algorithms in mobile ad hoc networks. *International Journal of Pervasive Computing and Communications Vol. 5*, 497-516.