ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

ESCUELA DE GRADUADOS

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

"MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA"

TEMA

DISEÑO DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA LA ASIGNACIÓN DE PERSONAL A MÚLTIPLES TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE UNA INSTITUCIÓN PÚBLICA

AUTOR

ING. GIANFRANCO DI MATTIA CASTRO

Guayaquil- Ecuador

AÑO - 2014

DEDICATORIA

Qué difícil es plasmar en un papel tantos sentimientos
que llevo dentro, y en un pedazo pequeño de papel. No quiero dejar a nadie fuera de esta tesis, a quienes me apoyaron
directamente e indirectamente. Valoro y respeto el tiempo,
apoyo y fortaleza que me dieron.
Muchas gracias.

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen María, por haberme cubierto con su manto sagrado protegiéndome de todo mal y las muchas bendiciones que me prodigaron. A mi esposa, mis hijos y todas las personas que de alguna u otra manera me apoyaron y me transmitieron sus fuerzas para la conclusión de esta tesis, en especial al M.Sc. Víctor Vega, que confió en mí y me apoyo en todo este tutorial. A mis compañeros, con los cuales compartimos duras batallas en estudiar y trabajar al mismo tiempo.

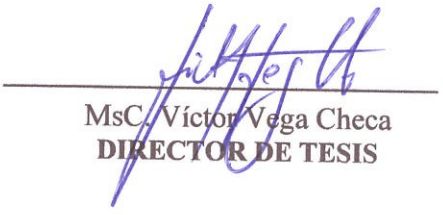
DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, así como el Patrimonio Intelectual del mismo, corresponde exclusivamente al **FCNM (Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas)** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

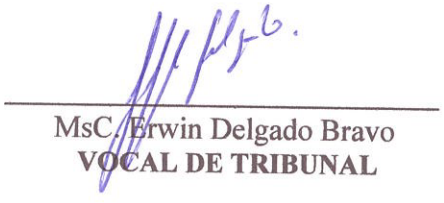
Ing. Gianfranco Di Mattia Castro

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

MsC. Jorge Medina Sancho
PRESIDENTE DE TRIBUNAL



MsC. Víctor Vega Checa
DIRECTOR DE TESIS



MsC. Erwin Delgado Bravo
VOCAL DE TRIBUNAL

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I 8
JUSTIFICACIÓN, PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS 8
1. JUSTIFICACIÓN 8
1.1 PROBLEMÁTICA 10
1.2 OBJETIVOS DE LA TESIS 12
1.2.1 OBJETIVO GENERAL 12
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
CAPITULO II 13
MARCO TEÓRICO 13
2.1 ASIGNACIÓN 13
2.1.1 PROBLEMA O MODELO DE LA ASIGNACIÓN 13
2.1.1.1 REVISIÓN LITERATURA 14
2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DE ASIGNACIÓN 14
2.1.3 ELEMENTOS DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN 15
2.1.4 DIFERENCIAS ENTRE EL MODELO DE TRANSPORTE Y ASIGNACIÓN. 16
2.1.5 MODELO BINARIO 17
2.1.5.1 TEOREMA FUNDAMENTAL DE LA ASIGNACIÓN 17
2.1.5.2 DEFINICIÓN MATEMÁTICA FORMAL 17
2.1.6 SOLUCIÓN AL MODELO DE ASIGNACIÓN POR EL MÉTODO HÚNGARO. 18
2.1.7 CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE ASIGNACIÓN O MATRIZ DE COSTOS. 20
2.1.8 ETAPAS PARA OBTENER LA SOLUCIÓN ÓPTIMA POR EL MÉTODO HÚNGARO. 20
2.2 INSTANCIAS 22
2.2.1 INSTANCIA #1 22
2.3 OPTIHPER 27
2.3.1 SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA ASIGNACIÓN OPTIMIZADA DE HORARIOS AL PERSONAL Y TAREAS A REALIZAR EN LA EMPRESA. 27

2.3.2 DETALLES DEL OPTIHPER 29
2.3.3 APLICACIONES DEL OPTIHPER 30
2.3.3.1 ASIGNACIÓN OPTIMIZADA EN CENTROS DE UNA DISTRIBUCIÓN COMERCIAL 31
2.3.3.2 ASIGNACIÓN DE TURNOS EN SERVICIOS 24/365 32
CAPITULO III 34
METODOLOGÍA 34
3.1 INTRODUCCIÓN 34
3.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES Y DATOS 34
3.3 PLANTEAMIENTO DEL MODELO 37
3.4 ESCENARIOS EN GAMS 39
3.4.1 ESCENARIO #1 39
3.4.2 ESCENARIO #2 40
3.4.3 ESCENARIO #3 42
3.4.4 ESCENARIO #4 44
3.5 RESULTADOS 46
3.5.1 CUADRO DE RESULTADOS DEL ESCENARIO #1 46
3.5.2 CUADRO DE RESULTADOS DEL ESCENARIO #2 47
3.5.3 CUADRO DE RESULTADOS DEL ESCENARIO #3 49
3.5.4 CUADRO DE RESULTADOS DEL ESCENARIO #4 50
CAPITULO IV 52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52
4.1 CONCLUSIONES 52
4.2 RECOMENDACIONES 53
BIBLIOGRAFÍA 55
REFERENCIAS 55

CAPITULO I

JUSTIFICACIÓN, PROBLEMÁTICA Y OBJETIVOS

1. JUSTIFICACIÓN

Desde el año 2008, cuando la Institución Pública, objeto de estudio, se vio en la necesidad de llevar un mejor control de trabajos realizados, trabajos programados y materiales entregados al personal del Departamento de Mantenimiento, debido a auditorías internas y externas a la que fue sometida el Departamento en mención, inclusive a las no conformidades observadas en el proceso de asignación, se tuvo que contratar a una empresa, para crear el Sistema de Mantenimiento Programado (SMPROG), el cual después de algunas reuniones sostenidas con personal responsable del área de Mantenimiento fue incorporado paulatinamente a todo el sistema informático de la Empresa.

Esto se lo hizo de esa manera, ya que anteriormente, los trabajos eran solicitados al Departamento de Mantenimiento telefónicamente, esto traía problemas ya que no todos los trabajos eran registrados y muchos de los clientes internos-dependencias de la Institución Publica se quejaban de la tardanza o la no realización de trabajos solicitados.

Cuando se implementó el Sistema, después de varias reuniones, se quedó en que se lo iba a realizar por partes o periodos. En un primer periodo se iba a visitar a todas las dependencias de la Empresa para instalar el SMPROG en cada computadora de la persona responsable de cada área de la Empresa en mención, esto tomó al personal de informática casi un mes.

Luego de la instalación del SMPROG en cada computadora de la persona responsable de cada área, se decidió instalar la base de datos en el centro de servicios

informáticos de la Empresa, para poder llevar respaldo de los trabajos y que cada pedido pasará por el servidor principal del mencionado centro de servicios informáticos.

Se hicieron pruebas iniciales creando trabajos ficticios para ir enseñando a las personas responsables de las diferentes dependencias de la Empresa cómo funciona el SMPROG, así como enseñando a las personas responsables del Departamento de Mantenimiento, como recibían y como tenían que despachar estas solicitudes y luego generar un número de orden de trabajo.

Esta segunda fase duró casi dos meses después de la implementación, para eso ya se estaba llevando un mejor control de los trabajos solicitados, trabajo anulados, trabajos realizados y materiales solicitados, ya que este sistema de Mantenimiento Programado internamente tiene esas opciones de aplicación.

Funciona de la siguiente manera: Primero el cliente en su computadora solicita el trabajo requerido buscando dentro de las opciones que contempla el SMPROG, como: Electricidad, Soldadura, Aire Acondicionado y Refrigeración, Carpintería, Aluminio-Vidrio, Gasfitería, Pintura y Servicios Varios. Segundo, en Mantenimiento la persona responsable abre el Sistema y busca lo solicitado por los clientes internos, asignando de acuerdo al pedido el trabajo a un técnico del área solicitada. Tercero, este, tiene dos días para revisar el trabajo asignado a él y el Sistema le da una calificación de 0 o 20 si el técnico revisó o no la orden de trabajo entregado a este. Internamente el SMPROG tiene un tiempo programado. Cuarto, Cuando el técnico del área que fuere realiza el trabajo, debe ingresarlo al Sistema el mismo, con su número de cédula, que funciona como clave y entregarlo a la persona encargada de cerrarlo en el Sistema (el cual tiene instalado en su computadora), para cerrar el ciclo del trabajo solicitado. Quinto, Si no sucede lo mencionado anteriormente, el técnico del área que fuere, genera una solicitud de pedido de materiales, la cual debe también ser ingresada por él, al Sistema y entregarla a la persona encargada, para que él también lo ingrese al Sistema, pero como listado de materiales. En

ese momento la historia es otra ya que intervienen otros factores que no son considerados en este trabajo.

Desde la implementación del SMPROG hasta estos días actuales, el problema es que existen trabajos represados de años anteriores como 2010, 2011 y 2012, 2013cuya suma nos da un 20% de trabajos no realizados en todas a las áreas los cuales debilitan el funcionamiento del Departamento de Mantenimiento, a pesar que en la auditorías externas e internas no han existido ninguna no conformidad, pero si observaciones para fortalecer el Sistema y el funcionamiento óptimo de Mantenimiento. Aquí es donde esta tesis va a atacar el problema, en verificar si el personal con el que cuenta el Departamento de Mantenimiento es el adecuado, así como la asignación de trabajos o de material está acorde a las políticas de la Institución Pública.

1.1 PROBLEMÁTICA

En la Institución Pública existen algunas áreas como el departamento de estadísticas que tiene oficinas, laboratorios, auditorios en donde los aires acondicionados necesitan mantenimiento, las lámparas fluorescentes se queman y necesitan ser cambiadas, las mesas, sillas metálicas se dañan o se despintan, a lo cual hay que soldar y volver a pintar, así como los servicios básicos en donde existen fugas de agua y daños menores. Aquí el número de aires acondicionados esta alrededor de 100, tienen unas 100 lámparas fluorescentes, interruptores, tomacorrientes, ventanas de aluminio, puertas de madera

También tienen el área de investigaciones económicas e internacionales, en donde así como el departamento de estadísticas tiene aires acondicionados, lámparas fluorescentes, mesas, sillas las cuales se dañan y hay que repararlas. En este departamento tenemos 100 aires acondicionados, 100 lámparas fluorescentes, ventanas de aluminio, puertas de madera, interruptores, tomacorrientes.

Adicionalmente están las oficinas de los jefes departamentales, jefes de áreas, los gerentes, la directiva, el presidente del directorio, en donde ellos deben de tener oficinas climatizadas, con buena iluminación y servicios básicos en óptimo estado.

Muchas veces debido a la gran cantidad de trabajos solicitados y no realizados, así como la demora en resolverlos, deben contratar personal externo para que solucionen problemas de inmediato o urgentes.

Cabe indicar que esta Empresa tiene alrededor de 1000 unidades de aires acondicionados, 3600 tubos fluorescentes en las lámparas, casi 200 interruptores, como 700 tomacorrientes y como alumbrado público para las vías de circulación o camineras internas 400 lámparas de mercurio.

Dentro de la infraestructura de energía eléctrica tienen bancos de transformadores (40 bancos de diferentes capacidades) que deben de tener su mantenimiento preventivo así como las líneas de media tensión (13,8 KV) que son las que alimentan todo el sistema eléctrico de la mencionada Empresa y la cual es servida por la Eléctrica de Guayaquil, que es la empresa distribuidora de energía.

Como se ve de lo expresado, la logística de materiales es grande, ya que deben de ser cubiertas muchas áreas de interés y el personal que tienen en el Departamento de mantenimiento no se abastece para todo lo que solicitan.

Diariamente, los diferentes departamentos solicitan muchas veces hasta 10 trabajos de aire acondicionado, 05 trabajos de electricidad, 02 trabajos de soldadura, 04 trabajos de aluminio-vidrio y 01 trabajo de carpintería. El personal técnico, de aire acondicionado al final del día entregan 03 trabajos realizados, los de electricidad 04 trabajos realizados, los de soldadura 02 trabajos realizados, 03 de aluminio-vidrio y 01 de carpintería, de los que fueron entregados a ellos, otras veces cuando hay emergencias, el personal técnico, solo

entregan, 01 de aire acondicionado, 02 de electricidad, 01 de aluminio-vidrio, los 02 de soldadura y 01 de carpintería, así mismo de los que le fueron entregados al inicio del día.

1.2 OBJETIVOS DE LA TESIS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo matemático para la asignación de Personal a múltiples trabajos de Mantenimiento de una Institución Pública.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el número máximo de órdenes de trabajo diarias que pueden ser entregadas a cada técnico de las áreas de Mantenimiento (Aire Acondicionado (A/A), Electricidad, Soldadura, Carpintería, Aluminio-Vidrio).
- Determinar si el número de órdenes de trabajo diarias entregadas a cada técnico de las áreas de mantenimiento cumplen con las políticas de la Institución Pública.
- Determinar el número máximo de técnicos que son necesarios para la terminación de órdenes de trabajos diarias en cada área de Mantenimiento (A/A, Electricidad, Soldadura, Carpintería, Aluminio-Vidrio).
- Determinar si el tiempo que se toman en desarrollar cada orden de trabajo diariamente los técnicos es el óptimo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ASIGNACIÓN

Después de revisar la información de [A], [B], puedo observar que el problema de asignación es igual al problema de transporte, con la condición de que la oferta y la demanda sean igual a uno, por lo que se transforma el problema de la asignación en un caso particular, donde puedo tener realización de tareas, personas, maquinas, vehículos, transportes, equipos, períodos de tiempo, todos ellos en una matriz a la cual tengo que sacar la solución óptima o el "costo mínimo".

2.1.1 PROBLEMA O MODELO DE LA ASIGNACIÓN

El problema de asignación es encontrar un emparejamiento de peso máximo en un grafo bipartido ponderado. Es uno de los problemas fundamentales de optimización combinatoria de la rama de optimización o investigación operativa en matemática.

Una descripción apropiada de lo que trata de lograr el modelo de asignación es:
"La mejor persona para el trabajo".

El problema de asignación tiene que ver con la designación de tareas a empleados, de territorios a vendedores, de contratos a postores o de trabajo a plantas, etc. En otras palabras, a la disposición de algunos recursos (máquinas o personas) para la realización de ciertos productos a **"costo mínimo".**

2.1.1.1 REVISIÓN LITERATURA

El problema de asignación tuvo su origen en la revolución industrial, ya que el surgimiento de las máquinas hizo que fuera necesario asignar una tarea a un trabajador.

Thomas Jefferson en 1792 [1], lo sugirió para asignar un representante a cada estado, pero formalmente aparece este problema en 1941, cuando F.L.Hitchcook [2] publica una solución analítica del problema, pero no es hasta 1955 cuando Harold W. Kuhn [3] [C] plantea el **Método Húngaro**, que fue posteriormente revisado por James Munkres en 1957 [D]; dicho método está basado fundamentalmente en los primeros trabajos de otros dos matemáticos húngaros: Dénes Köning y Jenö Egervary [4].

Hoy en día en pleno apogeo de la globalización este problema surge cada vez con mayor frecuencia el uso de este problema de la rama de la investigación de operaciones, podemos decir que es la aplicación del método científico para asignar los recursos o actividades de forma eficaz, en la gestión y organización de sistemas complejos, su objeto es ayudar a la toma de decisiones.

2.1.2 CARACTERISTICAS DEL MODELO DE ASIGNACION

Los problemas de asignación forman una subclase especial de los problemas de transporte. Para quedar clasificado como un problema de asignación, la capacidad en cada origen y la demanda en cada destino deben ser igual a “uno”. Como su nombre lo dice, el problema trata de decidir qué origen asignar a cada destino [J].

Los problemas de asignación de pequeña escala pueden resolverse con la enumeración de todas las combinaciones y la selección de la mejor. Pero para un problema de “*n x n*”, existen *n!* soluciones posibles. Se podría usar el método de ramificación y acotamiento. También los métodos generales de solución de programación lineal como el

Simplex, o aún el método de Transporte. Sin embargo, se podría obtener un caso de degeneración severa. El mejor enfoque es usar el método de Asignación, una técnica fácil desarrollada especialmente para este tipo de problemas [J].

Oferta: Cantidad que representa la disponibilidad del artículo en la fuente/fábrica de donde proviene [G].

Demanda: Cantidad de artículos que necesita recibir el destino para cumplir sus necesidades [G].

2.1.3 ELEMENTOS DEL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN

Tabla de transporte: Otra forma de plantear el problema de transporte (recordemos que el problema de asignación es un caso especial del de transporte) es mediante una tabla llamada tabla de transporte, la cual tiene forma de matriz donde los renglones representan las fuentes y las columnas los destinos o trabajos.

- En las casillas que se encuentran en la esquina se colocan los coeficientes de costo.
- Una vez realizado esto, utilizamos algunos de los métodos (vogel, esquina noreste, costos mínimos) para obtener una solución inicial.
- Donde no exista un coeficiente de costo se le anota una **M.** [5] [G]

Matriz de costos: Es una matriz cuadrada de n x n, donde de cada elemento representa el costo de asignar el enésimo trabajador al enésimo trabajo; *renglones = trabajadores*. Es la tabla en donde, se identifica, se evalúa y se cuantifica los beneficios económicos, costos y riesgos de los productos/servicios, en donde se evalúa el beneficio total de la propiedad (características), una vez creada la matriz se demuestra el valor económico para la realización del producto o servicio correspondiente. [5] [G]

Matriz de Costos Reducida: Es la matriz que se obtiene después de haber restado el elemento más pequeño a cada renglón (reducción de renglones) y restarle a esa nueva matriz el elemento más pequeño a cada columna (reducción de columnas).

Distribución óptima: Este método analiza el problema de asignar un cierto número de recursos a un determinado número de tareas con base en algún tipo de valoración para cada recurso. Cada recurso podrá ser asignado a una sola tarea. El problema de la asignación consiste en asignar de manera óptima recursos a tareas en función de un objeto ligado a la eficiencia del sistema. [K]

Método Simplex: Método de solución de problemas de programación lineal donde se obtiene una solución factible y óptima (en donde se pueden obtener resultados como solución múltiple, solución no acotada, o que el problema no tenga solución).

Solución Óptima: El conjunto de los vértices del recinto se denomina conjunto de soluciones factibles básicas y el vértice donde se presenta la solución óptima se llama solución máxima (o mínima según el caso).

2.1.4 DIFERENCIAS ENTRE EL MODELO DE TRANSPORTE Y ASIGNACIÓN.

Los problemas de asignación son un caso especial de los problemas de transporte y constituyen la clase más sencilla de los problemas lineales, en el cual los trabajadores representan las fuentes y los puestos representan los destinos. [A]

- En el problema de transporte existen **m** orígenes y **n** destinos, y el flujo de lo realiza desde el origen hasta cada uno de los diferentes destinos. Si en este caso permitimos el flujo entre ambos sentidos (de origen a destino y destino a origen) se puede hablar de un problema (m + n) orígenes y (m + n) destinos. A este tipo de problemas se les conoce con el nombre de transbordo (transhipment problems) o transporte con nodos intermedios.
- En el caso más general, cada punto origen o destino puede ser un punto de transbordo, es decir, cada origen puede evitar o transportar a otros orígenes o a

distintos y los destinos pueden transportar a su vez a otros destinos o volver a los orígenes. Un punto conserva su identidad, origen o destino, solamente cuando sea respectivamente, un punto que originalmente disponga de un suministro o un punto que tenga una demanda a satisfacer.

- En los problemas de asignación las ofertas en cada origen es de valor uno, como lo es la demanda en cada destino; una gran diferencia con respecto a los problemas de transporte.

2.1.5 MODELO BINARIO

2.1.5.1 TEOREMA FUNDAMENTAL DE LA ASIGNACIÓN

Si a todos los elementos de una fila o de una columna de una matriz de asignación o rendimientos se le suma o se le resta una cantidad constante la asignación óptima no varía [A] [F].

2.1.5.2 DEFINICIÓN MATEMÁTICA FORMAL

Los Problemas binarios son problemas en los cuales la variable X_{ij} solo puede tomar valores de 0 y 1; el problema de asignación es un problema binario [J].
Es un modelo de programación lineal donde en la solución las variables solo pueden tomar los valores de cero o uno.
Sea:

$$X_{ij} \begin{cases} 0, \text{ si el j-ésimo trabajo no se asigna a la i-ésima máquina} \\ \\ 1, \text{ si el j-ésimo trabajo se asigna a la i-ésima máquina} \end{cases} \qquad (1)$$

El modelo de Asignación puede expresarse matemáticamente como sigue:

C_{ij} = costo o valor del desempeño individual de i-ésima maquina en la acción j-ésima trabajo.

El modelo por consiguiente, está dado como:

$$\text{Min} \quad Z = \sum^{n}\sum^{m} C_{ij}\, X_{ij} \qquad (2)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = 1 \qquad j = 1,2,\ldots,m \qquad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = 1 \qquad i = 1,2,\ldots,n \qquad (4)$$

Donde $m = n$

(1) X_{ij} es la variable binaria donde su solución puede ser 1 cuando el técnico realiza el trabajo.

(2) Z es la función objetivo donde se utiliza la función de costo por la variable binaria la cual es minimizada.

(3) Es la restricción donde el técnico realiza solo la actividad dada.

(4) Es la restricción donde la actividad dada es realizada solo por el técnico.

La función de costo y las restricciones contienen términos lineales.

2.1.6 SOLUCIÓN AL MODELO DE ASIGNACIÓN POR EL METODO HÚNGARO.

El método de asignación o método Húngaro utiliza una matriz de costo de oportunidad para encontrar la asignación óptima. Los pasos de este procedimiento iterativo se muestran en la figura #1. Se examinaran los pasos a la vez.

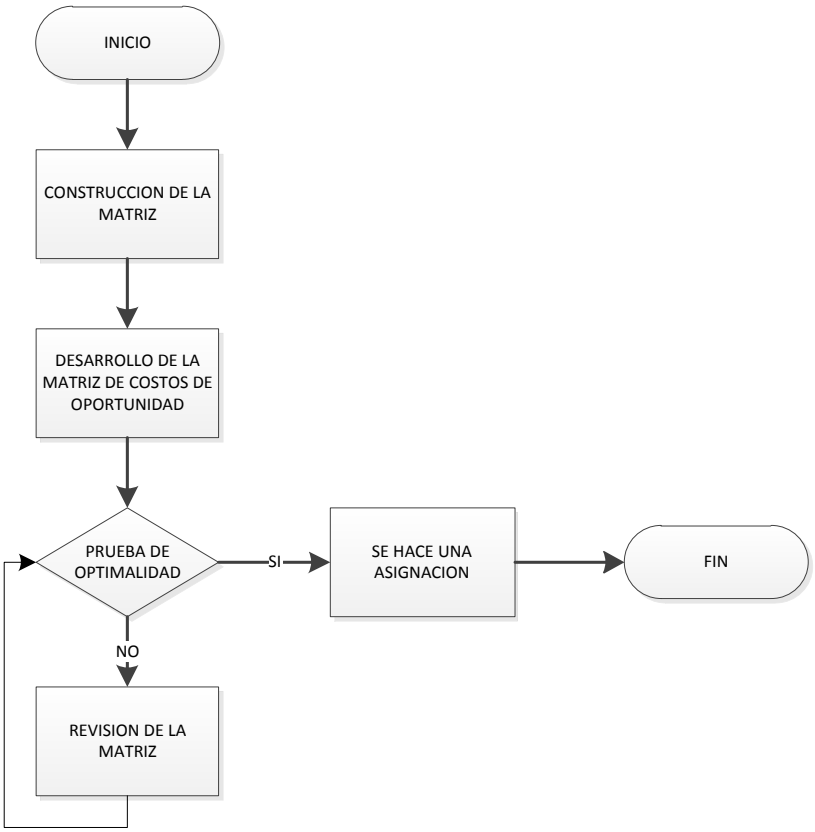


Figura #1 – Pasos en el modelo de asignación

Fuente [J]: pastranamoreno.files.wordpress.com/2012/10/húngaro.pdf

2.1.7 CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE ASIGNACIÓN O MATRIZ DE COSTOS.

La matriz de asignación es muy similar a la matriz de Transporte. Los costos se colocan en el centro de cada celda, ya no se escribirá nada más; no se necesitan condiciones de frontera puesto que siempre son igual a uno. Los renglones y las columnas pueden intercambiarse de la misma manera que el problema de transporte. La figura #2 da una representación general del modelo de asignación (m=n y además $a_i = b_j$), [J].

Maquina(j) / Trabajo(i)	1	2	…….	n	
1	C_{11}	C_{12}	…….	C_{1n}	1
2	C_{21}	C_{22}	…….	C_{2n}	1
. .	. .	. .		. .	1
m	C_{m1}	C_{m2}		C_{mn}	1
	1	1	…….	1	

Figura #2 – Matriz general de asignación

2.1.8 ETAPAS PARA OBTENER LA SOLUCIÓN ÓPTIMA POR EL MÉTODO HÚNGARO.

Las etapas o pasos de resolución un problema de asignación por el método húngaro, con su nota, se obtuvo de la fuente [H][E][F].

PRIMER PASO

Localizar el costo más pequeño en cada una de las filas de la matriz de costos. Se supone que inicialmente son no negativos todos los costos (en caso de maximizar, que

requiere un cambio de signo a todos los elementos de la matriz, restar el costo más pequeño de todos los elementos de la matriz.

Localizado este elemento se resta de cada elemento de la filas de < n > líneas cubren todos los ceros, todavía no se ha localizado la solución óptima.

SEGUNDO PASO

Si no se ha obtenido la solución óptima en el paso anterior, repetir el mismo proceso con las columnas. Algunas de estas ya tendrán ceros y no requerirán cálculos. Otras no tendrán inicialmente ningún cero y el paso producirá al menos uno en cada una de ellas. Dibujemos ahora otra vez el mínimo conjunto de líneas que cubren todos los ceros. Si el conjunto mínimo de líneas es menor que "n" debe recurrirse al tercer paso.

TERCER PASO

A partir de la matriz del segundo paso, encontrar el elemento mínimo de todos los elementos no cubiertos por líneas, restar este elemento de todos los no cubiertos (incluido el mismo) y añadirlo a elementos cubiertos que se encuentran en la intersección de dos líneas (si existen tales intersecciones). Dibujar nuevamente el mínimo conjunto de líneas que pasan por todos los ceros de la matriz. Si este número iguala n, el proceso ha terminado. De nuevo, si el mínimo número de líneas iguala a "n" se ha terminado, si no, se debe continuar.

CUARTO PASO

Repetir el tercero hasta que el conjunto mínimo de líneas iguale a "n".

QUINTO PASO

Si el mínimo número de líneas que cubren todos los ceros es "n", ha aparecido la solución óptima. Para determinarla se procede al marcado de ceros. Marcar los ceros que son únicos en una línea determinada, eliminar las filas y columnas que contienen el cero y continuar hasta que todos los ceros independientes estén marcados.

NOTA

Algunos elementos de la matriz de costos pueden ser inicialmente negativos. Esta condición puede presentarse si se ha de maximizar la función objetivo, pues esto requiere cambiar de signo a todos los elementos de la matriz de costos. En este caso, convertimos la matriz en una con elementos no negativos por la simple maniobra de restar el más pequeño (más negativo) elemento de costo de todos elementos de costo. Esto originará (uno o más) elementos cero y hará positivos los restantes. Un proceso alternativo aplicado a cada fila con uno o más elementos de costo negativos consiste en añadir el valor absoluto del mismo elemento en esta fila a todos los elementos de la misma.

Se pueden presentar problemas en los que hay más exigencias que métodos para satisfacerlas o viceversa. En este caso añadiremos filas o columnas ficticias para conseguir que la matriz de costo sea cuadrada. Todos los elementos de costo en las filas o columnas ficticias se igualan a cero.

2.2 INSTANCIAS

2.2.1 INSTANCIA #1

Una compañía tiene cuatro máquinas instaladas en diferentes sectores del taller. Existen cuatro personas calificadas para operar estas máquinas los costos de operación de las maquinas por el personal calificado. La compañía quiere asignar las máquinas de manera que se optimice la asignación idónea.

Este problema fue sacado de la siguiente fuente bibliográfica:

www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/portal/polilibros/P_terminados/Investigación_de_operaciones_careaga/common/IO-modulo4-asignaciónpura.htm.

Así como se leyó la fuente [F].

Máquinas(j) / Personas(i)	1	2	3	4
1	1	4	6	3
2	9	7	10	9
3	4	5	11	7
4	8	7	8	5

Tabla #1 – Construcción de la matriz de costos

Paso 1.- Seleccione en cada renglón i de la matriz j, el menor costo C_{ij}, (menor $C_{ij} = U_i$), luego réstelo en cada elemento del renglón.

i / j	1	2	3	4	U_i
1	1	4	6	3	$U_1 = 1$
2	9	7	10	9	$U_2 = 7$
3	4	5	11	7	$U_3 = 4$
4	8	7	8	5	$U_4 = 5$

Tabla #2 – Paso 1-M. Húngaro

Paso 2.- Seleccione en cada columna j de la matriz resultante en el paso 1, el costo menor C_{ij}, (menor $C_{ij} = V_j$) y réstelo en cada elemento de la misma columna.

i \ j	1	2	3	4
1	0	3	5	2
2	2	0	3	2
3	0	1	7	3
4	3	2	3	0
V_j	$V_1 = 0$	$V_2 = 0$	$V_3 = 3$	$V_4 = 0$

Tabla #3 – Paso 2-M. Húngaro

Paso 3.- Sombree los renglones y/o columnas de la matriz, de tal modo que sean los mínimos necesarios para cubrir todos los ceros.

i \ j	1	2	3	4
1	0	3	5	2
2	2	0	3	2
3	0	1	7	3
4	3	2	3	0

Tabla #4 – Paso 3-M. Húngaro

Paso 4.- Seleccione entre los costos no sombreados, el número menor C_{ij}, ($=U_{ij}$) o bien, el menor C_{ij}, ($=V_{ij}$), y *réstelo a todos los costos no sombreados*; después, sume el mismo a los costos ubicados en la intersección de los renglones y columnas sombreados. Este paso *se repite hasta lograr la solución óptima*.

j / i	1	2	3	4	U_{ij}
1	0	3	5	2	
2	2	0	3	2	
3	0	1	7	3	$U_{32} = 1$
4	3	2	3	0	

Tabla #5 – Paso 4-M. Húngaro

Se tiene la solución óptima cuando el mínimo necesario de renglones y columnas sombreadas para cubrir los ceros es "n". En este problema el mínimo es n = 4.

j / i	1	2	3	4
1	0	2	1	1
2	3	0	0	2
3	0	0	3	2
4	4	2	0	0

Tabla #6 – Paso 5-M. Húngaro, renglones y/o columnas sombreados necesarios para cubrir los ceros n = 4.

Entonces la *asignación óptima* es la que se muestra en la tabla siguiente:

i \ j	1	2	3	4
1	0	2	1	1
2	3	0	0	2
3	0	0	3	2
4	4	2	0	0

Tabla #7 – Paso 6-M. Húngaro

Solución óptima: $X_{11} = 1,\ X_{23} = 1,\ X_{32} = 1,\ X_{44} = 1$

Z = $C_{11} X_{11} + C_{23} X_{23} + C_{32} X_{32} + C_{44} X_{44}$

Z = $1\ (1) + 10\ (1) + 5\ (1) + 5\ (1) = 21$

En la solución óptima, la suma de los costos U_i restados de renglones i en paso 1, más los costos V_j restados de columnas j en paso 2, más el costo U_i o V_j, restado y/o sumado, en paso 4, proporciona el correspondiente valor óptimo.

Así el costo es:

Z óptimo = $\Sigma U_i + \Sigma V_j + \Sigma U_{ij} + \Sigma V_{ij}$**, para toda i, para toda j.**

$\Sigma U_i = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_{32} = 1 + 7 + 4 + 5 + 1 = 18$

$\Sigma V_j = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 0 + 0 + 3 + 0 = 3$

$\Sigma U_i + \Sigma V_j = 18 + 3 = 21$

2.3 OPTIHPER

Este sistema no es aplicable a la Institución Pública, es una herramienta comercial y debido a varios inconvenientes como la asignación presupuestaria, la contratación de personal, la compra de equipos-materiales, ciertos condicionamientos sobre los datos/resultados, pero es interesante su aplicación en la Industria ya que asigna horarios al personal que labora en ellas y las respectivas tareas. Esta información se sacó de [I].

2.3.1 SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA ASIGNACIÓN OPTIMIZADA DE HORARIOS AL PERSONAL Y TAREAS A REALIZAR EN LA EMPRESA.

Es un sistema ***software*** para la asignación automática de horarios y tareas al personal de una empresa, teniendo en cuenta el conjunto de tareas a realizar, el personal disponible y su cualificación, restricciones y preferencias existentes.

Este es un sistema altamente flexible, que se adapta a diversas tipologías de tareas, cargas de trabajo, restricciones, criterios, etc., así como a las diferentes capacidades, turnos, disponibilidad y preferencias del personal y de la organización.

- Obtiene la carga de tarea a partir de previsión de operaciones, ventas, etc.
- Realiza una asignación optimizada y equilibrada de horarios y/o turnos al personal, en un período de planificación semanal, mensual o anual.
- Realiza una asignación optimizada de las tareas diarias/semanales/mensuales.
- Replanifica asignaciones previas por modificación de previsiones o carga de trabajo, en base a la previsión o a la carga de trabajo requerida, satisfaciendo las restricciones y criterios existentes en su asignación/ejecución, facilitando la ejecución eficiente de las tareas a realizar.

- Permite una asignación optimizada de tareas al personal, ahorrando requerimientos de recursos y optimizando las capacidades disponibles.
- Satisface las preferencias del personal, respecto a horarios, turnos, capacidades, cualificación, etc.
- Determina la configuración óptima de la plantilla en cuanto al número de trabajadores de cada tipo de contrato, cualificación y habilidades.
- Permite adaptar, modificar y validar interactivamente una planificación previa ante incidencias o cambios posteriores (reactividad on-line).
- Obtiene respuestas muy rápidamente (any time), así como la evaluación de escenarios y/o configuraciones alternativas.
- Permite compartir la actividad de los trabajadores entre distintos centros de trabajo.
- Permite la estandarización de criterios de asignación de tareas/horarios/personal entre diversos centros.

Este es un sistema muy eficiente, capaz resolver problemas de asignación muy complejos y con gran volumen de tareas/personas en tiempos computacionales muy bajos. Automatiza y facilita enormemente la compleja tarea de asignación y optimización de horarios del personal. Incrementa la utilidad de la empresa y la satisfacción de los trabajadores.

OPTIHPER: incluye interfaces expresivas y amigables. Así mismo, puede adquirir los datos necesarios directamente desde Bases de Datos estándar. Es parametrizable y está preparado para incorporar las restricciones y objetivos particulares de cada empresa. Está implementado en ANSI C, es multiplataforma (Unix, Linux, Windows, etc.) y no hace uso de rutinas o código protegido por terceros.

En la aplicación del sistema a cada empresa y/o escenario, más que aplicar un software generalista, se ofrece la capacidad para adaptar y/o rediseñar el sistema a fin que pueda cumplir las necesidades y expectativas concretas que se requieren del mismo.

2.3.2 DETALLES DEL OPTIHPER

Realiza automáticamente la asignación optimizada de tareas al personal, así como el intervalo de tiempo en que deben ser realizadas, teniendo en cuenta la carga del trabajo y cualificación del personal. Adicionalmente, asigna el horario de la jornada de cada trabajador, de acuerdo a las restricciones y preferencias existentes. Puede también re-planificar una asignación previa debido al cambio de previsiones, incidencias, etc.

Realiza una asignación optimizada de tareas/horarios/turnos teniendo en cuenta estos factores:

1.- Tipos de trabajadores, los cuales se caracterizan por:

- Conjunto de tareas que sabe realizar y un grado de preferencia para cada una de ellas.
- Conjunto de horarios asignables, los cuales son asignados automáticamente por el sistema.
- Preferencia de turno/horario de acuerdo a un criterio de rotación especificado. El patrón de rotación puede ser particularizado para cada trabajador.

2.- Tipos de Tareas, que realizan a lo largo de la jornada laboral. Una tarea concreta, de un tipo dado, se caracteriza por:

- Su duración y los trabajadores requeridos por unidad de tiempo. Una tarea puede ser requerida en varios intervalos de la jornada.
- El esfuerzo total que requiere, el intervalo de tiempo en el que ha de realizarse y el número de trabajadores que necesita simultáneamente.

3.- Turnos de Trabajo, en la empresa (Mañana, Tarde, Noche), y en cada turno, diferentes Tipos de Horarios, posibles (normal, parcial, extra, personal), que determinan las horas semanales de trabajo. A cada trabajador se le asigna un turno y un horario concreto que se

mantiene durante un periodo de tiempo determinado (semanal, quincenal, etc.). El sistema puede generar los horarios requeridos en los turnos indicados.

Todos los trabajadores deben tener unos periodos de descanso a lo largo del turno, a realizar en un tiempo prefijado o bien en un intervalo de tiempo, tras la entrada o previa su salida.

Existen además otras regulaciones del personal, capacidades, horarios, turnos, etc. A gestionar, así como los criterios de cambio y equilibrado en la asignación de turnos, horarios, o de tipos de tareas asignadas a cada trabajador.

Existen otros tipos de restricciones y criterios de optimización, como por ejemplo:

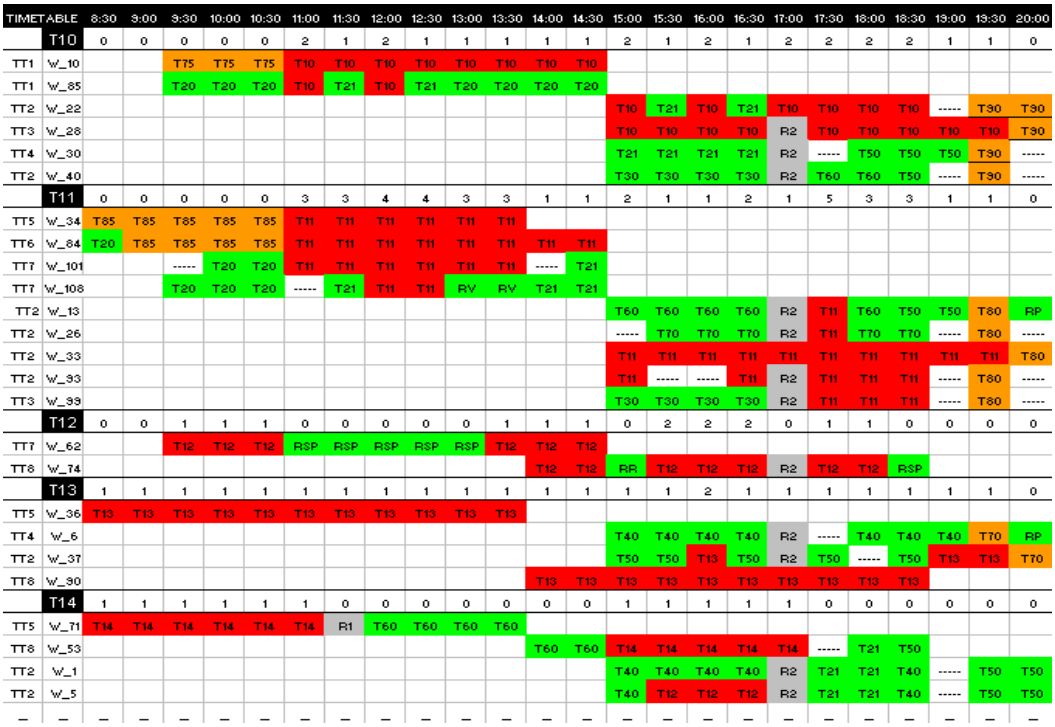
- Número máximo y mínimo de trabajadores a asignas a una tarea (máximo número de trabajadores nuevos, mínimo número de trabajadores con experiencia, etc.)
- Asignación de trabajadores según un patrón (mayor cantidad de trabajadores al principio de la tarea, al final, etc.)
- Optimizar la hora de entrada/salida de los trabajadores.
- Calendario del lugar de trabajo, incluyendo los días festivos.
- Gestionar tiempos de descanso (distribuyendo, unificando, evitando solapes, etc.)
- Maximizar el equilibrio en la asignación de horarios no preferidos/preferidos por los trabajadores, etc.

2.3.3 APLICACIONES DEL OPTIHPER

Este sistema informático o software ha sido aplicado con relevante éxito y utilidad en diversos contextos, los cuales destacan empresas de distribución comercial, empresas de servicios de seguridad, empresas sanitarias u hospitales, empresas de transporte (aéreo, fluvial, trenes, terrestre), empresas educativas (profesores, aulas de clase, horarios de clase), empresas de logística, centros de producción y distribución, etc.

2.3.3.1 ASIGNACIÓN OPTIMIZADA EN CENTROS DE UNA DISTRIBUCIÓN COMERCIAL

- Asignación de horarios y tareas de los trabajadores.
- Diferentes horarios posibles. Diferentes especialidades y preferencias del personal.
- Múltiples restricciones, criterios de preferencia y equilibrio en la asignación.
- Tipología típica de aplicación: asignación mensual (4 semanas): >1200 trabajos, 50 trabajadores/trabajo, 40 tipos de tarea.
- Asignación de horario (y turno) semanal, tareas/destinos para cada día.
- Linux PC-2.3 GHz: 5 horas para una casi optima solución para todos los trabajos (17 segundos aproximadamente por trabajo)



TIMETABLE		8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00
	T10	0	0	0	0	0	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	0
TT1	W_10			T75	T75	T75	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10	T10											
TT1	W_85			T20	T20	T20	T10	T21	T10	T21	T20	T20	T20	T20											
TT2	W_22														T10	T21	T10	T21	T10	T10	T10	T10	-----	T30	T30
TT3	W_28														T10	T10	T10	T10	R2	T10	T10	T10	T10	T10	T30
TT4	W_30														T21	T21	T21	T21	R2	-----	T50	T50	T50	T30	-----
TT2	W_40														T30	T30	T30	T30	R2	T60	T60	T50	-----	T30	-----
	T11	0	0	0	0	0	3	3	4	4	3	3	1	1	2	1	1	2	1	5	3	3	1	1	0
TT5	W_34	T85	T85	T85	T85	T85	T11	T11	T11	T11	T11	T11													
TT6	W_84	T20	T85	T85	T85	T85	T11	T11	T11	T11	T11	T11	T11	T11											
TT7	W_101			-----	T20	T20	T11	T11	T11	T11	T11	T11	-----	T21											
TT7	W_108			T20	T20	T20	-----	T21	T11	T11	RV	RV	T21	T21											
TT2	W_13														T60	T60	T60	T60	R2	T11	T60	T50	T50	T80	RP
TT2	W_26														-----	T70	T70	T70	R2	T11	T70	T70	-----	T80	-----
TT2	W_33														T11	T11	T11	T11	T11	T11	T11	T11	T11	T11	T80
TT2	W_33														T11	-----	-----	T11	R2	T11	T11	T11	-----	T80	-----
TT3	W_39														T30	T30	T30	T30	R2	T11	T11	T11	-----	T80	-----
	T12	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2	0	1	1	0	0	0	0
TT7	W_62			T12	T12	T12	RSP	RSP	RSP	RSP	RSP	T12	T12	T12											
TT8	W_74												T12	T12	RR	T12	T12	T12	R2	T12	T12	RSP			
	T13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0
TT5	W_36	T13	T13	T13	T13	T13	T13	T13	T13	T13	T13	T13													
TT4	W_6														T40	T40	T40	T40	R2	-----	T40	T40	T40	T70	RP
TT2	W_37														T50	T50	T13	T50	R2	T50	-----	T50	T13	T13	T70
TT8	W_30												T13	T13	T13	T13	T13	T13	T13	T13	T13	T13			
	T14	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
TT5	W_71	T14	T14	T14	T14	T14	T14	R1	T60	T60	T60	T60													
TT8	W_53												T60	T60	T14	T14	T14	T14	T14	-----	T21	T50			
TT2	W_1														T40	T40	T40	T40	R2	T21	T21	T40	-----	T50	T50
TT2	W_5														T40	T12	T12	T12	R2	T21	T21	T40	-----	T50	T50
_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

Fig. #3 ASIGNACIÓN DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN

2.3.3.2 ASIGNACIÓN DE TURNOS EN SERVICIOS 24/365

- Asignación de turnos de trabajo (mañana, tarde, noche) y descansos.
- Asignación de destinos.
- Equilibrio de asignaciones, gestión de puentes, vacaciones, fechas especiales, etc.
- Tipología típica de aplicación: asignación anual de turnos (mañana, tarde, noche)/trabajador.
- Diferentes tipos de personal y su especialidad. Múltiples restricciones de asignación.
- Asignación semanal de destinos: restricciones + especialidades.
- Asignación anual: 90 trabajadores/tipo, 94 turnos-año/trabajador.
- Windows PC-2.3 GHz: 5 minutos aproximadamente para una casi-optima asignación.

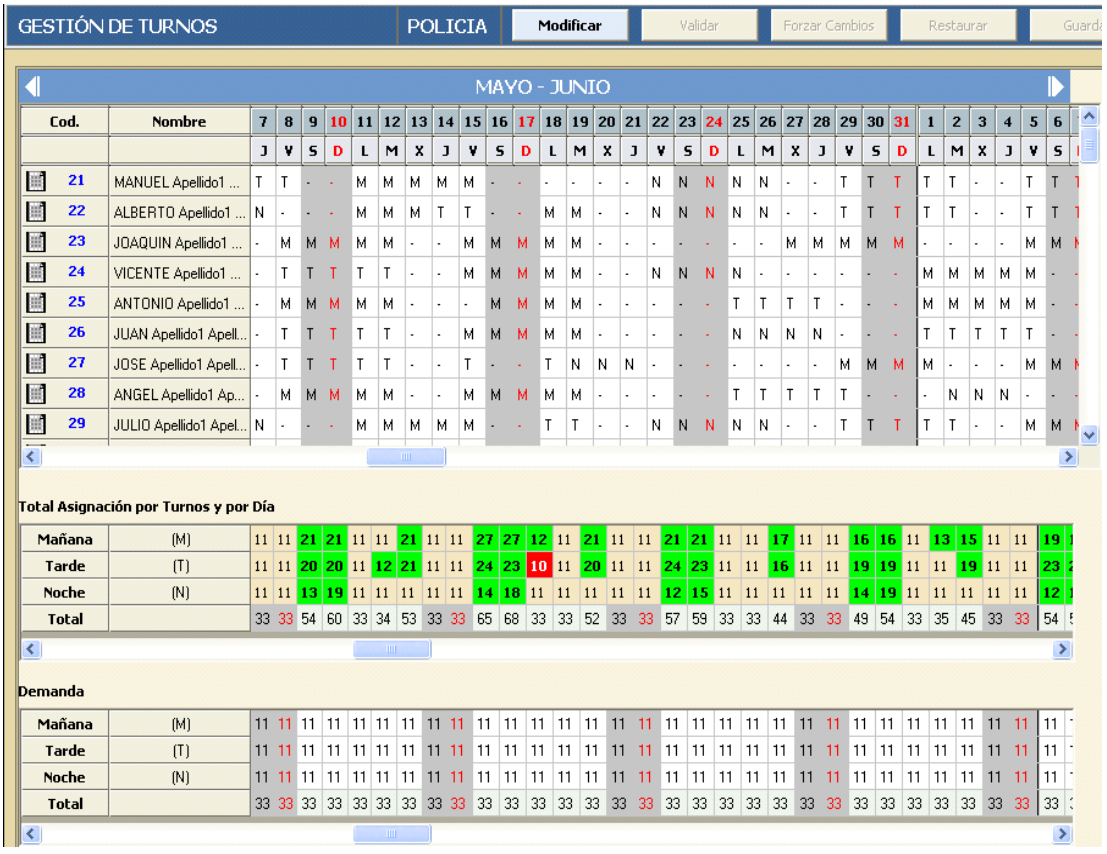


Fig. #4 ASIGNACIÓN DE TURNOS A DIFERENTES TRABAJADORES

Optihper permite tres niveles en la asignación automática de horarios y tareas al personal de una empresa:

1. Planificación anual de turnos/jornadas de cada trabajador (de cada área de actividad sección) considerando festivos, vacaciones, periodos de ausencia y la carga de trabajo anual estimada (de cada área de actividad o sección).
2. Planificación mensual o semanal de turnos/horarios de cada trabajador (de cada área de actividad o sección) considerando la disponibilidad de trabajadores en cada día y la carga de trabajo diaria estimada (de cada área de actividad o sección).
3. Planificación semanal/día de las tareas a realizar por cada trabajador (de cada área de actividad o sección) considerando la disponibilidad de trabajadores en cada día y la carga de trabajo diaria/horaria estimada (de cada área de actividad o sección).

Debido a que la tipología de (i) tareas, (ii) horarios y turnos, (iii) trabajadores y su especialidad, (iv) restricciones y (v) criterios de optimización que deben considerarse, son dependientes de cada empresa, resulta necesario adaptar el sistema general Optihper a los datos y circunstancias concretos de cada empresa. También debe ser adaptada a la integración del sistema con la existencia de Bases de datos y/o entornos de ejecución deseada.

Por ello el grupo de investigación del Optihper, más que ofrecer un software generalista, tiene la capacidad para adaptar y/o rediseñar el sistema a fin de que pueda cumplir con las necesidades y expectativas concretas que se requieran del mismo. Esta capacidad permite disponer de un sistema ad-hoc y específico a cada contexto de aplicación, así como asegurar la satisfacción de las prestaciones requeridas.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 INTRODUCCIÓN

En el caso de estudio de este trabajo vamos a utilizar el método de asignación, el cual utiliza una variable binaria, variables independientes que van a estar representados por los técnicos y por los proyectos o trabajos a realizar dentro de la Institución pública. Se utilizará GAMS para el modelo matemático aunque también se puede utilizar métodos tradicionales como el de programación lineal o el Método Húngaro.

El modelo matemático que se introduce en GAMS me va a permitir saber si los trabajos asignados y los trabajadores son los adecuados, si las unidades de tiempo son correctas, y va a permitir conocer si existe la necesidad de contratar personal extra o trabajar horas extras.

3.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES Y DATOS

En el Departamento de Mantenimiento de la Institución Publica están formados los siguientes equipos con los siguientes técnicos y trabajos:

Índices Técnicos **(i)**, dentro del personal del Departamento de Mantenimiento en la Institución Pública existen 14 personas divididas en diferentes especialidades de trabajo, las cuáles son divididas por los años de trabajo que tienen cada uno.

Índice Trabajos **(j)**, así como se tienen técnicos en el Departamento de Mantenimiento, a estos se los ha dividido en base a la experiencia y la especialización que tienen cada uno de ellos, en 05 diferentes tipos de trabajo.

El conocimiento de técnicos sobre determinado tipo de trabajo se detalla a continuación:

- A/A: técnico 1, técnico 2, técnico 3
- Electricidad: técnico 4, técnico 5, técnico 6, técnico 7, técnico 8
- Carpintería: técnico 9, técnico 10
- Aluminio-Vidrio: técnico 11, técnico 12
- Soldadura: técnico 13, técnico 14

Esta división están descritos en la **tabla A**, en donde 1 representa el conocimiento sobre el trabajo y cero el desconocimiento de trabajo, que se le ha asignado cada trabajador del Departamento de Mantenimiento en base a lo que sabe hacer cada uno de ellos, al tiempo de trabajo en la empresa, a la capacitación recibida y a la experiencia que tiene cada uno.

ACTIVIDADES (Proyectos)

TÉCNICOS	ELECT.	A/A	SOLD.	AL-VIDRIO	CARPINT.
T1	0	1	1	0	0
T2	1	1	1	0	1
T3	1	1	0	0	0
T4	1	0	0	1	1
T5	1	0	0	0	0
T6	1	0	0	0	0
T7	1	0	0	0	0
T8	1	0	1	0	0
T9	1	0	0	1	1
T10	0	0	0	1	1

T11	0	0	0	1	1
T12	0	0	1	1	1
T13	0	0	1	0	0
T14	0	0	1	0	0

1 = Sabe la actividad; 0 = No sabe la actividad

Tabla A Trabajos que sabe el técnico

Parámetro: son Electricidad, Aire Acondicionado, Soldadura, Aluminio-Vidrio y Carpintería.

Tiempo del trabajo **(j)**, es el tiempo de entrega de cada trabajo por el personal técnico.

Prioridad del trabajo **(j)**, es media, alta o baja, o urgente, medio o normal.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PRIORIDAD
ELECTRICIDAD 1	4	4
ELECTRICIDAD 2	8	5
ELECTRICIDAD 3	16	3
ELECTRICIDAD 4	12	1
ELECTRICIDAD 5	7	2
A/C 1	36	1
A/C 2	24	3
A/C 3	12	2
A/C 4	36	5
A/C 5	6	4
SOLDADURA 1	2	3
SOLDADURA 2	4	2
SOLDADURA 3	3	1
SOLDADURA 4	8	4
SOLDADURA 5	6	5
ALUM-VIDRIO 1	16	2

ALUM-VIDRIO 2	8	4
ALUM-VIDRIO 3	24	5
ALUM-VIDRIO 4	5	3
ALUM-VIDRIO 5	36	1
CARPINTERÍA 1	12	5
CARPINTERÍA 2	8	1
CARPINTERÍA 3	4	4
CARPINTERÍA 4	7	2
CARPINTERÍA 5	10	3

A/C = Aire Acondicionado; **PRIORIDAD** = 1(-) hasta 5 (+)

Tabla B Unidades de tiempo (horas) y prioridad

En la **tabla C** se detalla la situación actual sobre los trabajos solicitados vs los realizados, y la política de trabajos como mínimo a entregar, en base a la actividad que realiza cada grupo de técnicos dentro de la Empresa Pública.

ACTIVIDAD	ENTREGADA	REALIZADA	POLITICA
ELECTRICIDAD	4	2	3
A/C	3	1	3
SOLDADURA	3	1,5	3
ALUM-VIDRIO	4	2	3
CARPINTERÍA	3	1	3

Tabla C Actividades realizadas y política empresa

3.3 PLANTEAMIENTO DEL MODELO

VARIABLE BINARIA

X_{ij} $\begin{cases} 0, \text{ si el j-ésimo trabajo no se asigna a la i-ésima máquina} \\ 1, \text{ si el j-ésimo trabajo se asigna a la i-ésima máquina} \end{cases}$

X_{ij} = asignación del técnico i al trabajo j

INDICES

i = Técnicos
j = Trabajos o proyectos

FUNCION OBJETIVO

La función objetivo 1.1 me indica que el problema de asignación tiene que ver con la designación de tareas a empleados, de territorios a vendedores, de contratos a contratistas, o de trabajos a plantas. En otras palabras, a la disposición de algunos recursos (máquinas o humanos) para la realización de algunos trabajos o productos a costo mínimo.

$$\text{Min Z} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} B_j X_{ij} A_{ij} \qquad (1.1)$$

RESTRICCIONES

La restricción 1.2 hace referencia a que cada actividad debe ser realizada por un técnico

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij} A_{(i,j)} \le 1 \qquad \forall j = 1,2,3\ldots.n \qquad (1.2)$$

La restricción 1.3 hace referencia a que cada técnico debe realizar una actividad

$$\sum_{j=1}^{m} X_{ij} A_{(i,j)} \le 1 \qquad \forall i = 1,2,3,\ldots\text{m} \qquad (1.3)$$

Los resultados de los varios escenarios que se probaron, se muestran en los siguientes cuadros: #3.5.1, #3.5.2, #3.5.3, #3.5.4

3.4 ESCENARIOS EN GAMS

3.4.1 ESCENARIO #1

Dentro de este escenario que es el principal desarrollado en esta tesis, vamos a tener 25 trabajos asignados a 14 técnicos de diferentes áreas, los cuales conocen, o pueden realizar todos y algunos de estos trabajos, así como las unidades de tiempo que se toman en realizarlos, las restricciones y la función objetivo, el cual está desarrollado en Gams.

```
$ontext
Proyecto
$offtext

set j
/TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9,TR10,TR11,TR12,TR13,TR14,TR15,TR16,
TR17,TR18,TR19,TR20,TR21,TR22,TR23,TR24,TR25/
   i /T1*T14/

table  A(i,j)  Conocimiento del técnico "i" en el trabajo "j"
```

	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10	TR11	TR12	TR13	TR14	TR15	TR16	TR17	TR18	TR19	TR20	TR21	TR22	TR23	TR24	TR25
T1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
T9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
T12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
T14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

```
parameter       B(j)    tiempos
/
TR1   4
TR2    8
TR3     16
TR4       12
TR5        7
```

```
TR6          36
TR7           24
TR8             12
TR9    36
TR10     6
TR11     2
TR12     4
TR13     3
TR14     8
TR15     6
TR16      16
TR17      8
TR18       24
TR19        5
TR20         36
TR21          12
TR22           8
TR23           4
TR24            7
TR25             10
/
```

Binary variables X(i,j) asignación de técnico i al trabajo j;

variables Z función objetivo;

equations r1(j), r2(i), r3(i),r4(i), obj;

r1(j).. **SUM** [i, X(i,j)*A(i,j)] =E= 1;
r2(i).. **SUM** [j, X(i,j)*A(i,j)] =G= 1;
r3(i).. **SUM** [(j), B(j)*X(i,j)*A(i,j)] =L= 40;
obj.. **SUM** [(i,j), B(j)*X(i,j)*A(i,j)] =E= Z;
r4(i).. **SUM** [j, X (i,j)*A(i,j)] =L= 2;

model asignación /all/

solve asignación using MIP minimizing Z

display x.l

3.4.2 SCENARIO #2

Dentro de este escenario que es la segunda variación del principal desarrollado en esta tesis, vamos a tener 25 trabajos asignados a 15 técnicos de diferentes áreas, los cuales conocen, o pueden realizar todos y algunos de estos trabajos, así como las unidades de tiempo que se toman en realizarlos, las restricciones y la función objetivo, el cual está desarrollado en Gams.

```
$ontext
Proyecto
$offtext

set j
/TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9,TR10,TR11,TR12,TR13,TR14,TR15,TR16,
TR17,TR18,TR19,TR20,TR21,TR22,TR23,TR24,TR25/
   i /T1*T15/

table  A(i,j)  Conocimiento del técnico "i" en el trabajo "j"
```

	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10	TR11	TR12	TR13	TR14	TR15	TR16	TR17	TR18	TR19	TR20	TR21	TR22	TR23	TR24	TR25
T1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
T9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
T12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
T14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
T15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

```
parameter       B(j)    tiempos
/
TR1    4
TR2    8
TR3    16
TR4    12
TR5    7
TR6    36
TR7    24
TR8    12
TR9    36
TR10   6
TR11   2
TR12   4
TR13   3
TR14   8
TR15   6
TR16   16
```

```
TR17        8
TR18        24
TR19        5
TR20        36
TR21        12
TR22        8
TR23        4
TR24        7
TR25        10
/
```

Binary variables X(i,j) asignación de técnico i al trabajo j;

variables Z función objetivo;

equations r1(j), r2(i), r3(i),r4(i), obj;

r1(j).. **SUM** [i, X(i,j)*A(i,j)] =E= 1;
r2(i).. **SUM** [j, X(i,j)*A(i,j)] =G= 1;
r3(i).. **SUM** [(j), B(j)*X(i,j)*A(i,j)] =L= 40;
obj.. **SUM** [(i,j), B(j)*X(i,j)*A(i,j)] =E= Z;
r4(i).. **SUM** [j, X(i,j)*A(i,j)] =L= 2;

model asignación /all/

Solve asignación using MIP minimizing Z

Display x.l

3.4.3 ESCENARIO #3

Dentro de este escenario que es la segunda variación del principal desarrollado en esta tesis, vamos a tener 26 trabajos asignados a 15 técnicos de diferentes áreas, los cuales conocen, o pueden realizar todos y algunos de estos trabajos, así como las unidades de tiempo que se toman en realizarlos, las restricciones y la función objetivo, el cual está desarrollado en Gams.

```
$ontext
Proyecto
$offtext
```

```
set j
/TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9,TR10,TR11,TR12,TR13,TR14,TR15,TR16,
TR17,TR18,TR19,TR20,TR21,TR22,TR23,TR24,TR25,TR26/
     i /T1*T15/

table  A(i,j)  Conocimiento del técnico "i" en el trabajo "j"
```

	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10	TR11	TR12	TR13	TR14	TR15	TR16	TR17	TR18	TR19	TR20	TR21	TR22	TR23	TR24	TR25	TR26
T1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
T5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
T9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
T12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
T14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
T15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

```
parameter      B(j)   tiempos

/
TR1   4
TR2    8
TR3    16
TR4     12
TR5      7
TR6       36
TR7        24
TR8          12
TR9   36
TR10   6
TR11    2
TR12     4
TR13     3
TR14      8
TR15       6
TR16       16
TR17        8
TR18         24
TR19          5
TR20           36
TR21            12
TR22             8
TR23              4
TR24               7
TR25                10
TR26      4
/


Binary variables   X(i,j) asignación de técnico i al trabajo j;

variables  Z  función objetivo;

equations  r1(j), r2(i), r3(i),r4(i), obj;
        r1(j)..  SUM [i, X(i,j)*A(i,j)] =E= 1;
        r2(i)..  SUM [j, X(i,j)*A(i,j)] =G= 1;
        r3(i)..  SUM [(j), B(j)*X(i,j)*A(i,j)] =L= 40;
```

obj.. **SUM** [(i,j), B(j)*X(i,j)*A(i,j)] =E= Z;
r4(i).. **SUM** [j, X(i,j)*A(i,j)] =L= 2;

model asignación /all/

solve asignación using MIP minimizing Z

display x.l

3.4.4 ESCENARIO #4

Dentro de este escenario que es la tercera variación del principal desarrollado en esta tesis, vamos a tener 26 trabajos asignados a 14 técnicos de diferentes áreas, los cuales conocen, o pueden realizar todos y algunos de estos trabajos, así como las unidades de tiempo que se toman en realizarlos, las restricciones y la función objetivo, el cual está desarrollado en Gams.

```
$ontext
Proyecto
$offtext

set j
/TR1,TR2,TR3,TR4,TR5,TR6,TR7,TR8,TR9,TR10,TR11,TR12,TR13,TR14,TR15,TR16,T
R17,TR18,TR19,TR20,TR21,TR22,TR23,TR24,TR25,TR26/
     i /T1*T14/

table  A(i,j)  Conocimiento del técnico "i" en el trabajo "j"
```

	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10	TR11	TR12	TR13	TR14	TR15	TR16	TR17	TR18	TR19	TR20	TR21	TR22	TR23	TR24	TR25	TR26
T1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
T5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
T9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
T12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
T14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1

```
parameter       B(j)   tiempos
/
TR1   4
TR2    8
TR3     16
TR4      12
TR5       7
TR6        36
TR7         24
TR8           12
```

```
TR9    36
TR10    6
TR11    2
TR12    4
TR13    3
TR14    8
TR15    6
TR16   16
TR17    8
TR18   24
TR19    5
TR20   36
TR21   12
TR22    8
TR23    4
TR24    7
TR25   10
TR26    4
/
```

Binary variables X(i,j) asignación de técnico i al trabajo j;

variables Z función objetivo;

equations r1(j), r2(i), r3(i),r4(i), obj;

r1(j).. **SUM** [i, X(i,j)*A(i,j)] =E= 1;
r2(i).. **SUM** [j, X(i,j)*A(i,j)] =G= 1;
r3(i).. **SUM** [(j), B(j)*X(i,j)*A(i,j)] =L= 40;
obj.. **SUM** [(i,j), B(j)*X(i,j)*A(i,j)] =E= Z;
r4(i).. **SUM** [j, X(i,j)*A(i,j)] =L= 2;

model asignación /all/

solve asignación using MIP minimizing Z

display x.l

3.5 RESULTADOS

3.5.1 CUADRO DE RESULTADOS DEL ESCENARIO #1

Dentro de este cuadro de resultados podemos ver claramente que se cumplen todas las restricciones, que son todo trabajo es realizado por un técnico, todo técnico realiza un trabajo y que a todo técnico se le puede asignar como máximo dos trabajos.

	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10
T1	1,00	1,00								
T2					1,00					1,00
T3			1,00	1,00						
T4										
T5						1,00				
T6									1,00	
T7							1,00	1,00		
T8										
T9										
T10										
T11										
T12										
T13										
T14										

	TR11	TR12	TR13	TR14	TR15	TR16	TR17	TR18	TR19	TR20
T1										
T2										
T3										
T4					1,00		1,00			
T5										
T6										
T7										
T8										
T9				1,00				1,00		
T10	1,00									1,00
T11		1,00	1,00							
T12						1,00			1,00	
T13										

T14				1,00	

	TR21	TR22	TR23	TR24	TR25
T1					
T2					
T3					
T4					
T5					
T6					
T7					
T8			1,00		
T9					
T10					
T11					
T12					
T13		1,00		1,00	
T14					1,00

Tabla # 3.5.1 Resultados del Escenario #1

3.5.2 CUADRO DE RESULTADOS DEL ESCENARIO #2

Dentro de este cuadro de resultados podemos ver claramente que se cumplen todas las restricciones, que son todo trabajo es realizado por un técnico, todo técnico realiza un trabajo y que a todo técnico se le puede asignar como máximo dos trabajos.

	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10
T1	1,00			1,00						
T2									1,00	
T3		1,00			1,00					
T4										
T5						1,00				
T6								1,00		
T7							1,00			
T8										1,00
T9										
T10										
T11										
T12										

T13										
T14										
T15			1,00							

	TR11	**TR12**	**TR13**	**TR14**	**TR15**	**TR16**	**TR17**	**TR18**	**TR19**	**TR20**
T1										
T2		1,00								
T3										
T4						1,00	1,00			
T5										
T6										
T7										
T8										
T9					1,00				1,00	
T10										1,00
T11			1,00	1,00						
T12	1,00									
T13										
T14										
T15								1,00		

	TR21	**TR22**	**TR23**	**TR24**	**TR25**
T1					
T2					
T3					
T4					
T5					
T6					
T7					
T8					1,00
T9					
T10					
T11					
T12					
T13	1,00		1,00		
T14		1,00		1,00	
T15					

Tabla # 3.5.2 Resultados del Escenario #2

3.5.3 CUADRO DE RESULTADOS DEL ESCENARIO #3

Dentro de este cuadro de resultados podemos ver claramente que se cumplen todas las restricciones, que son todo trabajo es realizado por un técnico, todo técnico realiza un trabajo y que a todo técnico se le puede asignar como máximo dos trabajos.

	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10
T1		1,00								
T2			1,00					1,00		
T3				1,00						
T4										
T5						1,00				
T6									1,00	
T7										
T8							1,00			1,00
T9										
T10										
T11										
T12										
T13										
T14										
T15	1,00									

	TR11	TR12	TR13	TR14	TR15	TR16	TR17	TR18	TR19	TR20
T1										
T2										
T3										
T4				1,00		1,00				
T5										
T6										
T7										
T8										
T9		1,00					1,00			
T10			1,00							1,00
T11	1,00								1,00	
T12					1,00			1,00		
T13										
T14										
T15										

	TR21	TR22	TR23	TR24	TR25	TR26
T1						
T2						
T3						
T4						
T5						
T6						
T7						1,00
T8						
T9						
T10						
T11						
T12						
T13		1,00		1,00		
T14			1,00		1,00	
T15	1,00					

Tabla #3.5.3 Resultados del Escenario #3

3.5.4 CUADRO DE RESULTADOS DEL ESCENARIO #4

Dentro de este cuadro de resultados podemos ver claramente que se cumplen todas las restricciones, que son todo trabajo es realizado por un técnico, todo técnico realiza un trabajo y que a todo técnico se le puede asignar como máximo dos trabajos.

	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10
T1			1,00		1,00					
T2	1,00									
T3		1,00		1,00						
T4										
T5							1,00	1,00		
T6									1,00	
T7										1,00
T8						1,00				
T9										
T10										
T11										
T12										

T13										
T14										

	TR11	**TR12**	**TR13**	**TR14**	**TR15**	**TR16**	**TR17**	**TR18**	**TR19**	**TR20**
T1										
T2				1,00						
T3										
T4			1,00							1,00
T5										
T6										
T7										
T8										
T9						1,00			1,00	
T10		1,00			1,00					
T11							1,00	1,00		
T12	1,00									
T13										
T14										

	TR21	**TR22**	**TR23**	**TR24**	**TR25**	**TR26**
T1						
T2	1,00					
T3						
T4		1,00		1,00		
T5						
T6						
T7						1,00
T8			1,00			
T9						
T10						
T11						
T12						
T13					1,00	
T14						

Tabla #3.5.4 Resultados del Escenario #4

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- En esta tesis se ha modelado el problema de asignación de personal a múltiples trabajos de mantenimiento en una Institución Pública y su resolución se ha realizado mediante la implementación de GAMS. En esta aplicación, el objetivo principal fue detectar si con el personal existente en la Institución y asignando como política un número dado de trabajos, estos se iban a realizar en las 40 horas semanales que se tienen para laborar. Esto conlleva un costo adicional si los trabajos se realizan en más de 48 horas, ya que no existirá solución factible, a menos que se cambien todos los parámetros como horas laboradas, tiempo extra o entregar más trabajos para realizar diariamente fuera de la política de la empresa.
- Para el buen desarrollo organizativo en lo que respecta a trabajos realizados, se debe de mentalizar a los directivos a una optimización en los recursos con los que cuenta la Institución y a utilizarlos racionalmente, a más de reafirmar que la capacitación del personal con el que cuentan va a incrementar la realización de trabajos pedidos.
- Con respecto al desarrollo del modelo mediante GAMS, una de las restricciones es que cuando mucho un técnico puede realizar dos trabajos, o sea puede hacer uno o dos, pero no menos de eso, ya que la política de la empresa es de tres trabajos diarios.
- Sin embargo, a pesar de tener esta restricción y la dificultad de tomar el tiempo de realización de trabajos realizados por técnicos, podemos decir que el resultado es satisfactorio, pero que se encuentran al límite de sus facultades.

- Es importante recalcar que este modelo de asignación, puede ser aplicado en muchos problemas de asignación donde existan múltiples combinaciones entre técnicos y condicionantes de los trabajos que se vayan a realizar. Por eso se probó con cuatro escenarios donde se aumentaron trabajos y se aumentaron técnicos, combinándolos, poniendo a prueba de esta manera la política actual de asignación y el resultado fue positivo.

4.2 RECOMENDACIONES

- En base al análisis realizado anteriormente, nos podríamos referir a que la toma de decisiones en una empresa no puede ser realizada de manera empírica, como es común en el país. Estas decisiones deben de basarse en criterios técnicos y especializados, por lo que se debería de tener un personal calificado para realizar trabajos.
- Este personal calificado, debería de tener al menos una formación técnica que se dan en centros de educación adscritos al gobierno, de educación superior o de educación continua o en empresas privadas dedicadas a este menester.
- Con respecto al problema de asignación de trabajos a personal técnico, también debe realizarse acorde al número de personas que tiene la empresa laborando en el Departamento de Mantenimiento.
- Y si existiese un marcado aumento de trabajos en los cuales los técnicos van a estar ocupados más de tres días, entonces es preferible diversificar el trabajo, contratando personal externo o contratando personal extra para la realización de los mismos, sin incrementar al nomina real de la Institución, a menos que se labore horas extras y esto, cualquiera que sea la solución, lleva a un gasto extra.
- Se deberá tomar en cuenta los trabajos que son de mantenimiento rutinario y los que son de remodelación o construcción nueva, ya que los primeros se harán dentro de los parámetros permisibles y los segundos se van a tener que contratar.

- Una de las grandes falencias que se ha tenido para que se eleve el número de trabajos no realizados, es que no se ha estandarizado los equipos, estos sean de aire acondicionado, tanques de transformación para los bancos de transformadores, tubos fluorescentes, balastros, capacitores e ignitores para lámparas de alumbrado público, dispositivos eléctricos de protección para las líneas de media tensión (13.8 KV), y las demás áreas como soldadura, carpintería, aluminio-vidrio, que se compran para las diferentes unidades administrativas, académicas y de apoyo.
- Estos trabajos en cola, le hace mermar espacios y por eso el Departamento de Mantenimiento cuando va a revisar los trabajos asignados a cada técnico, le toma tiempo, pero si todos esos dispositivos eléctricos, electrónicos, mecánicos fueran adquiridos de una marca aunque sea de varios proveedores, entonces el trabajo se facilitaría, ya que se tendría un stock limitado de partes y piezas de igual marca, estas sean para aires acondicionados, lámparas, bancos de transformación, soldadura o carpintería y aluminio-vidrio. Como no sucede eso, entonces se debe embodegar algunos materiales que se solicitan para las reparaciones respectivas y comienzan atrasándose con los trabajos.
- A más de lo mencionado anteriormente, yo recomendaría que para cualquier adecuación, remodelación, construcción nueva, se tome en consideración al Departamento de mantenimiento, ya que esto también trae problemas en la adquisición de equipos, ya que lo hacen sin el visto bueno del personal calificado para el efecto.

BIBLIOGRAFÍA

[A] Wikipedia, la enciclopedia libre, teoría sobre el problema de la asignación, (es.wikipedia.org/w/index.php?title=Especial:Libro&bookcmd=download&colection_id=7ba21e2126de0bae&writer=r&return_to=problema+de+la+asignación)

[B] R.E.Burkard, M.Del Amico, S.Martello: Assignment Problems, SIAM, Philadelphia P.A.2009-ISBN-978-0-89871-663-4
(es.wikipedia.org/w/index.php?title=Algoritmo_hungaro&printable=yes)

[C] Harold W. Kuhn, "Variant of the Hungarian Method for the assignment problems", Naval Research Logistic Quarterly.

[D] J. Munkres, "Algorithms for the assignment and Transportation Problems", Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics.

[E] Dr. Franco Bellini, Investigación de Operaciones, Modelos de transporte, www.investigacion-operaciones.com

[F] Wayne L. Winston, Investigación de Operaciones y aplicación de algoritmos.

[G] Handy A. Taha, Investigación de Operaciones.

[H] Félix Alonso Gomollón, Ejercicios de Investigación de Operaciones.

[I] OPTIHPER, Universidad Politécnica de Valencia, Centro de Apoyo a la Innovación, Investigación y Transferencia de Tecnología.

[J] Ing. Mario Pastrana Moreno, Estudio caso asignación por el método húngaro, pastranamoreno.files.wordpress.com/2012/10/húngaro.pdf

[K] http://www.slideshare.net/josekh89/problema-de-asignacin, Diapositivas del Ing. Eduardo Quiroz, en las secciones K y L de la Escuela Profesional de Ingeniería Económica de la FIECS, EN Lima-Perú.

REFERENCIAS

[1]Thomas Jefferson; El problema de asignación tuvo su origen en la revolución industrial, ya que el surgimiento de las máquinas hizo que fuera necesario asignar una tarea a un trabajador. Pero Thomas Jefferson en 1792 lo sugirió para asignar un representante a cada estado ya que él era un miembro importante del Gobierno de George Washington y prócer de la Independencia de Estados Unidos.

[2] F.L.Hitchcook; era un americano matemático y físico muy notable para el análisis vectorial. El origen del modelo de transporte data del año de 1941 en el que F. L. Hitchcook presentó un estudio titulado *"La distribución de un producto desde diversos orígenes a numerosas localidades"*.

[3] Harold W. Kuhn; es un matemático americano que estudió teoría de juegos. Él ganó el 1980 John von Neumann Theory Prize junto con David Gale y Albert W. Tucker. Un profesor emérito de matemáticas en la Universidad de Princeton, es conocido por las condiciones Karush-Kuhn-Tucker, para el desarrollo de póker Kuhn, así como la descripción del método húngaro para el problema de asignación.

[4] König, Fue un judío húngaro matemático que trabajó y escribió el primer libro de texto en el campo de la teoría de grafos. Conocido por el desarrollo del método húngaro. **Egerváry,** abarcó la teoría de las ecuaciones algebraicas, geometría, ecuaciones diferenciales, y la teoría de matrices. En lo que más tarde se convirtió en un resultado clásico en el campo de la optimización combinatoria. Egerváry generalizado teorema de König es el caso de los grafos ponderados. Esta contribución fue traducida y publicada en 1955 por Harold W. Kuhn, que también mostró cómo aplicar König s 'y el método Egerváry para resolver el problema de asignación, el algoritmo resultante ha sido conocido como el " **método húngaro** ".

[5] Handy A. Taha; es un profesor de la Universidad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Arkansas, donde enseña e investiga en la investigación y simulación de operaciones. Él es el autor de otros tres libros sobre programación entera y la simulación.