

Modelo Matemático de programación de cirugías para un hospital público en Tegucigalpa, Honduras

Javier Guifarro, Estudiante de pregrado¹

¹Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, javierguifarro@unitec.edu

Mentor: Daniel Montenegro, M.Sc²

²Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Tegucigalpa, Honduras, 11101, daniel.guerrero@unitec.edu.hn

Abstract— Actualmente los hospitales públicos de Honduras pasan por el problema de que muchos no cuentan con la capacidad de satisfacer su demanda de cirugías. El país cuenta con una falta de recursos, entre ellos se encuentran los médicos especialistas y subespecialistas. Existen pocos médicos con diversas especialidades, por ejemplo, en Tegucigalpa solamente hay un cirujano cardiovascular pediátrico. Además, la cantidad de quirófanos con los que cuentan son limitados. La mayor parte de los hospitales públicos no cuentan con un modelo que genere un resultado que optimice sus recursos al momento de realizar la programación de cirugías.

Se realizó una investigación de los factores que se toman en cuenta para una programación de cirugías en hospitales y dentro del hospital donde se realizó el modelo. También, se investigaron los recursos con los que cuenta el hospital, sus políticas y restricciones.

Luego, se buscó realizar un modelo de Programación Lineal (PL) para la programación de cirugías; tomando en cuenta los factores de tipo de cirugía, médico, quirófano, día y anestesiólogo. El modelo fue creado en MS Excel y resuelto mediante la herramienta de optimización llamada Open Solver. El modelo toma como base la demanda que se encuentra en la lista de espera quirúrgica del hospital generando un resultado óptimo. Una vez generado el modelo se compararon los tiempos que se tardan con la forma que se realiza la programación actualmente y el tiempo que tarda el modelo; el modelo lo realiza más rápido en un 90%.

Keywords— Investigación de operaciones, Programación Lineal, Programación de Cirugías

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el sistema de salud hondureño ha estado totalmente debilitado. Uno de los problemas más fuertes que enfrenta es la gran cantidad de mora quirúrgica. La mora quirúrgica es la cantidad de pacientes que su espera sobrepasa los días que dicta la secretaria de salud, como espera máxima de su operación. Bocanegra [1] afirma que, la Secretaría de Salud acepta que el hospital tarde por máximo 90 días en realizar una operación desde que fue indicada. La cantidad de días es grande, aun así, muchos de los hospitales no logran cumplir con esa cantidad.

La cantidad de hondureños que utilizan el sistema de salud público es muy grande. Bermúdez-Madrid José, Sáenz María, & Acosta Mónica [2] declaran que del 55% se benefician del

sistema de salud público, un 18% del Instituto Hondureño de Seguridad Social (IHSS) y aproximadamente 10% de salud privada. Lo restante, afirma la Organización Panamericana de la Salud (OPS) [3] que: el 17% de la población no tiene acceso regular a ningún servicio de salud. Con estas cifras se puede inferir que la cantidad de personas que visitan los hospitales públicos es sumamente grande; el restante del 55% de la población, puede llegar a utilizar los hospitales públicos por diferentes causas.

Algunas de las razones por lo cual los hospitales no pueden cumplir con los días para no entrar en mora es por la falta de recursos. Se tienen diversa cantidad de recursos que son limitados, dentro de esta investigación se analizó la cantidad de especialistas y subespecialistas, cantidad de quirófanos y que cirugías se pueden realizar dentro del hospital.

El hospital donde se realizó el estudio es el Hospital María de Especialidades Pediátricas (HMEP). Como lo dice su nombre el hospital es pediátrico, es por esto, que no todos los médicos pueden atender dentro de él. Existe una escasez de especialistas pediátricos, como lo afirma Handal [4], solamente se cuenta con un cirujano cardiovascular pediátrico en Tegucigalpa. Y así mismo ocurre con otras especialidades, solamente existen pocos. El hospital cuenta con nueve médicos que pueden realizar cirugías. Como se puede observar, se comprueban los recursos limitados.

El HMEP, cuenta con nueve quirófanos en sus instalaciones, sin embargo, algunos están especificados para ciertas especialidades por el equipo especial estacionario. Por ejemplo, existe un quirófano de neurocirugía y el hospital no cuenta dentro de su personal un médico de esa especialidad para que pueda utilizarlo; como este existen tres casos más.

Existen cuatro tipos de cirugías según Stanford Children's Health [5]: la cirugía mayor, menor, electiva y de emergencia. El HMEP realiza las cirugías mayores, menores y electivas; dado que no cuentan con un área de emergencia. Es por esto, que todas las cirugías son indicadas por los médicos dentro de la institución o si son referidos por otra institución de salud pública.

La programación de cirugías en este hospital es realizada por un Comité Quirúrgico (CQ) que con base en la Lista de Espera Quirúrgica (LEQ) programan que pacientes serán operados de miércoles a miércoles. Cabe destacar que el

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

hospital solamente realiza cirugías de lunes a viernes en los horarios de 7:00 a.m. a 1:00 p.m.

Debido a lo descrito anteriormente, surge iniciativa de buscar una aplicación de investigación de operaciones (IO) en esta situación para poder optimizar los escasos recursos con los que cuenta el hospital. Se aplicó un modelo de programación lineal (PL) para la programación de cirugías. La PL es una de las herramientas más utilizadas en este tipo de investigaciones; Velásquez Restrepo et al. [6] luego de analizar más de ochenta investigaciones dentro de esta área, concluyo que el 29.4% de estos estudios utilizan modelos de optimización uniobjetivo determinístico, que, dentro de este tipo se encuentra la programación lineal entera; más adelante se mencionará el resto de los tipos de modelos que se utilizan.

En el mismo estudio que realizó Velásquez Restrepo et. Al [6], estudio cuales son las funciones objetivo de la mayor parte de este tipo de estudios. El determina que la mayor parte de los que han tenido éxito cuentan con una función objetivo que regule el tiempo de funcionamiento de las salas quirúrgicas. Las restricciones consideran supuestos, objetivos y restricciones diferentes dentro del hospital. Por lo que suelen diferir entre cada hospital.

Se espera que el modelo sea una herramienta de ayuda para el CQ al momento de realizar la programación; esperando que con el uso de dicho modelo se reduzca en más del 80% del tiempo que se tarda este proceso actualmente. Así mismo, que el modelo optimice los recursos que se involucren en él y cumpla con todas las restricciones con la que se sujeta.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación está basada en una metodología de estudio de caso. Según el Center for Innovation in Research and Teaching [7] “La investigación de estudios de caso se refiere a un estudio detallado y en profundidad de un individuo o un pequeño grupo de individuos”. El estudio de caso como se ha mencionado anteriormente se realizó en el HMEP, un hospital de tercer nivel que tiene como requisito una referencia de otra institución pública y que está ubicado en Tegucigalpa.

En esta investigación se definen tres variables: factores en la programación de cirugía, el modelo PL y el tiempo en realizar la programación. No existen hipótesis ya que como afirma Díaz de Salas, Mendoza Martínez, & Porras Morales [8] “los estudios de casos no prueban hipótesis, sugieren direcciones para estudios subsecuentes”.

Cabe mencionar que para la realización del modelo se hizo una búsqueda amplia de otras investigaciones en esta misma temática. Existen diversas investigaciones de aplicación de la IO en programación de cirugías en diversos países; la mayor parte de ellos son basados en hospitales públicos. Luego de analizar ochenta investigaciones Velásquez Restrepo et al. [6], determino que el 29.4% de los estudios en esta área aplican modelos de optimización uniobjetivo determinístico, el 11.8% con optimización uniobjetivo estocásticos, el 25.5% con

optimización multiobjetivo determinístico y el 33.3% optimización multiobjetivo estocástico.

Al momento de realizar este procedimiento, se debe de considerar diferentes factores que analizará el modelo. En una investigación de la misma temática, dicta que los factores a considerar son: “El número de la orden de la cirugía, la duración de la cirugía, la especialidad, la cantidad de salas disponibles, el número de días a programar y la disposición de bloques en la programación” Díaz López et al. [9] . Mientras que Velásquez Restrepo et al. [6], plantean que los factores que se utilizan son fecha, tiempo de cirugía, sala de cirugía y capacidad de la sala. Se logro observar que la mayor parte de los estudios en esta temática, colocan un valor promedio al tiempo que durará cada una de las cirugías. En esta investigación se aplicará el mismo concepto.

A. Técnicas utilizadas

Se utilizaron diferentes tipos de técnicas para la realización de esta investigación. La primera, es la utilización de tablas dinámicas dentro de MS Excel para el análisis de los tipos y tiempos de las cirugías, que especialista realiza cada cirugía y que tipos de han hecho. El hospital proporcionó la base de datos de todas las cirugías realizadas desde enero del 2016 hasta septiembre del 2018, donde se especifica que doctor realizo la cirugía, que tipo de cirugía, la fecha, la duración, el paciente, la sala quirúrgica entre otras. Se hizo un análisis de estos documentos para poder determinar los siguiente:

Definir que cirugías puede realizar el hospital. Luego de obtener esta información, se hizo una eliminación de cirugías ya que para algunas de las cirugías actualmente no se cuenta con un especialista que las pueda realizar, pero si se tiene dentro de las instalaciones del hospital un quirófano con el equipo necesario de esa especialidad y para esas cirugías; la problemática radica en que no se tienen todos los especialistas necesarios para la operación total del hospital. Se eliminaron también las cirugías que no tienen una descripción del procedimiento que se realizó, que están clasificadas como no definidas. Donde se pasó de tener 403 tipos de cirugía que ha realizado el hospital dentro de 2016 al 2018 a 356 que son las cirugías que se pueden realizar en la situación actual del hospital y estas mismas son las que analizará el modelo.

Se obtuvieron tiempos estadísticos de la duración de las cirugías. Calculando con las tablas dinámicas los tiempos promedios, máximos, mínimos y desviación estándar por cada una de las cirugías. Con estos datos se realizaron intervalos de confianza de un 95% para cada cirugía. Según Minitab [10] “Un intervalo de confianza es un rango de valores, derivado de los estadísticos de la muestra, que posiblemente incluya el valor de un parámetro de población desconocido”. Es importante destacar que en el análisis de los tiempos de las cirugías se eliminaron todos los datos atípicos que se tenían, dentro de estos se incluyen tiempos más altos o cortos en comparación a la mayor parte de los tiempos.

Una vez creados los intervalos de confianza se consideró únicamente el lado derecho del intervalo ya que es el tiempo más conservador y es lo máximo que se espera que se tarde con un 95% de confianza. Se debe de elegir el lado conservador ya que en la operatividad del hospital tiene una repercusión más grande que la cirugía sea más larga de lo esperado a que la cirugía se termine en un tiempo más corto. Dado que, por la sensibilidad del asunto, no se debe de presionar al doctor que termine la operación en la brevedad posible. En respuesta a esto, el tiempo que se considera para cada cirugía es el tiempo más largo que puede tardar con un 95% de confianza y con base en el documento del historial de cirugías. Luego, estos fueron los datos considerados para generar la constante de tiempo D_i .

Como se mencionó anteriormente también se realizó un análisis de las cirugías realizadas por cada una de las especialidades. En los datos con los que se contaron, detallaba solamente el nombre de los médicos que hicieron dicha cirugía. Por lo que se tuvo que investigar que especialidad tiene cada uno de ellos con el hospital y por otros medios, ya que no todos siguen laborando dentro del hospital. Una vez obtenidos estos datos, se juntaron los médicos por especialidad; de esta forma, se generó la lista de cirugías que puede realizar cada especialista. Considerando que algunas cirugías pueden ser realizadas por diferentes especialidades como ser biopsias entre otros procedimientos.

Para obtener las restricciones con las que cuenta la operación del hospital y los factores son los que toma en cuenta el CQ al momento de programar. Se hicieron diversas reuniones con personas que laboran dentro de la institución para poder obtener toda la información necesaria y así que el modelo se pudiera comportar de una forma muy apegada a la realidad.

Dentro de estas restricciones se incluyen la cantidad y tipos de especialistas con los que cuenta el hospital, la cantidad de quirófanos y que cirugías pueden ser realizadas dentro de ellas, los horarios con los que trabaja cada uno de los médicos considerando las horas y días en los que pueden realizar cirugías, ya que los doctores no operan todos los días dado que tienen un roll ya establecido. Luego de saber cuáles son las restricciones se hizo una eliminación de las variables que no pueden ser definir. Por ejemplo, se colocaron únicamente variables con el índice de los días que los especialistas podían operar. De esta manera se redujo la cantidad de variables a analizar por el modelo para reducir el tiempo y que sea más productivo el modelo; ya que estas variables eliminadas siempre se iban a asignar con un valor cero por las restricciones que se tienen.

III. RESULTADOS

Como resultado de la presente investigación se considera el modelo como tal. El modelo cuenta con una variable y dos constantes denominadas como X con los subíndices i, j, k, l y m ; existen 22,785 posibles resultados para esta variable. Luego se encuentra la constante T_i que asocia el tiempo estadístico de cada una de las cirugías. Por último, se encuentra la constante D_i que contiene la cantidad de cada una de las cirugías que se

encuentran dentro de la LEQ. Cabe destacar que las constantes D_i y T_i son conocidas.

A. Notación y definición

TABLA I
Notación de Variables

Índice	Definición
i	Cirugía
j	Quirófano
k	Medico
l	Día de la semana
m	Anestesiólogo

Donde:

$I=\{1,2,\dots,356\}$; $J=\{1,2,\dots,5\}$; $K=\{1,2,\dots,9\}$; $L=\{1,2,\dots,5\}$; $M=\{1,2,\dots,4\}$

TABLA II
Definición del índice k

k	Especialidad
1	Dermatólogo 1
2	Dermatólogo 2
3	Nefrólogo
4	Gastroenterólogo 1
5	Gastroenterólogo 2
6	Cirujano General 1
7	Cirujano General 2
8	Cirujano Plástico
9	Cirujano Cardiovascular

B. Función Objetivo

El modelo tiene como objetivo maximizar la cantidad de cirugías programadas dentro de los cinco días disponibles. Tomando en cuenta los parámetros de demanda y tiempo, y cumpliendo con todas las restricciones con las que cuenta.

$$\max Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \quad (1)$$

C. Restricciones

Este modelo está sujeto a diferentes restricciones con las que cuenta el hospital. Luego de realizar una investigación detallada de él, se logró determinar cuáles deben de aplicarse al

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

modelo para que se comporte de una forma real y que genere resultados factibles. Todos los cirujanos y anestesiólogos trabajan en un horario de 7:00 a.m. a 1:00 p.m.

Restricción de día y quirófano para cada médico:

$$\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i) \leq 360 \quad k=1; l=2 \quad (2)$$

Ejemplo: El dermatólogo 1 puede realizar una biopsia de piel y tejido subcutáneo el martes.

$$\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i) \leq 360 \quad k=2; l=3 \quad (3)$$

Ejemplo: El dermatólogo 2 puede realizar una relajación de cicatriz o de contractura reticulada de piel el día miércoles.

$$\sum_{i=12}^{18} \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i) \leq 360 \quad k=3; l=1 \quad (4)$$

Ejemplo: El nefrólogo puede realizar una biopsia (percutánea) (aguja) cerrada de riñón el día lunes.

$$\sum_{i=19}^{39} \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i) \leq 360 \quad k=\{4,5\} \quad l=\{2,3\} \quad (5)$$

Ejemplo: El gastroenterólogo 1 o 2 puede realizar colonoscopia el día martes.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i) \leq 360 \quad k=6 \quad i=\{38,39,\dots,229\}+\{2,11,12,31\}; \quad l=\{1,3,5\} \quad (6)$$

Ejemplo: El cirujano general 1 puede realizar una orquidopexia el día viernes.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i) \leq 360 \quad k=7; l=\{2,3,4\} \quad i=\{38,39,\dots,229\}+\{2,11,12,31\} \quad (7)$$

Ejemplo: El cirujano general 2 puede realizar una circuncisión el día jueves.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i) \leq 360 \quad k=8 \quad i=\{230,231,\dots,297\}+\{2,3,6,11,51,65,75,78,81,107,112,129,179,193\}; \quad l=\{1,4\} \quad (8)$$

Ejemplo: El cirujano plástico puede realizar una reparación de labio fisurado el día jueves.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i) \leq 360 \quad k=9 \quad i=\{298,299,\dots,356\}+\{47,54,273\}; \quad l=1 \quad (9)$$

Ejemplo: El cirujano cardiovascular puede realizar toracotomía exploratoria el día lunes.

Cada especialidad tiene definido cuales son los quirófanos que se pueden utilizar. Solo se puede realizar una cirugía a la vez en cada quirófano. Se deben de incluir que el quirófano no está disponible durante 15 minutos después de cada cirugía, ya que, requieren de preparación:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^5 \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i + 15) \leq 360 \quad j=1; l=\{1,2,\dots,5\} \quad (10)$$

Ejemplo: El dermatólogo 2 puede realizar una cirugía en el quirófano 1.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i + 15) \leq 360 \quad j=2; k=7; l=\{1,2,\dots,5\} \quad (11)$$

Ejemplo: El cirujano general 2 puede realizar una cirugía en el quirófano 2.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i + 15) \leq 360 \quad j=3; k=6; l=\{1,2,\dots,5\} \quad (12)$$

Ejemplo: El cirujano general 1 puede realizar una cirugía en el quirófano 3.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i + 15) \leq 360 \quad j=4; k=8; l=\{1,2,\dots,5\} \quad (13)$$

Ejemplo: El cirujano plástico puede realizar una cirugía en el quirófano 6.

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \times (T_i + 15) \leq 360 \quad j=5; k=9; l=\{1,2,\dots,5\} \quad (14)$$

Ejemplo: El cirujano cardiovascular puede realizar una cirugía en el quirófano 7.

Los horarios disponibles para realizar cirugías son de 7:00 a.m. a 1:00 p.m. La suma de los tiempos de i asignada no debe de ser mayor al tiempo disponible de cada anestesiólogo:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{ijklm} \times (T_i) \leq 360 \quad \forall m \in \{1,2,\dots,M\}, l \in \{1,2,\dots,L\} \quad (15)$$

La cantidad de cirugías asignadas no debe de sobrepasar su demanda:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M X_{ijklm} \leq Di \quad \forall i \in \{1,2,\dots,I\} \quad (16)$$

Definición que la variable es entera y positiva:

$$X_{ijklm} \in \mathbb{N} \quad \forall i \in \{1,2,\dots,I\}, j \in \{1,2,\dots,J\}, k \in \{1,2,\dots,K\}, l \in \{1,2,\dots,L\}, m \in \{1,2,\dots,M\} \quad (17)$$

IV. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los datos que se muestran en esta sección se obtuvieron de la ejecución del modelo de PL; utilizando la demanda de la LEQ que fue proporcionada por el hospital. El modelo analizó 22,785 variables buscando optimizar la cantidad de cirugías a realizar, basándose en la demanda de las cirugías y cumpliendo con las restricciones que se plantearon anteriormente.

El modelo encontró que la cantidad óptima a realizar con la demanda específica de esa LQ es de 51 cirugías dentro de los días L. En las siguientes tablas (II, III y IV) se muestran los tiempos en minutos que estarán ocupados los médicos, quirófanos y anestesiólogos realizando estas cirugías. En la tabla V se encuentra el resultado final que indica la programación generada señalando el día, médico, cantidad de las cirugías y la cirugía, quirófano a utilizar y el anestesiólogo.

El modelo generó las siguientes tres tablas de utilización de quirófanos, médicos y anestesiólogos:

TABLA III
Tiempos (minutos) de médicos

K	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1		197.19			
2			0		
3	338.76				
4		0	0		
5		29.72	237.76		
6	274.53		293.52		268.44
7		274.53	274.53	274.53	
8	246.61			186.24	
9	0				

En esta tabla podemos observar que los médicos no realizan cirugías diariamente y existe tiempo libre para ellos dentro de sus horarios. Las casillas que están vacías son porque el doctor no puede operar ese día y las casillas que tienen un valor de cero es porque el modelo no les asignó ninguna cirugía para ese día en específico. El médico que más ocupado estará en esta semana es el 3 el día lunes con un tiempo de 338.76 minutos. Y el médico que menos tiempo estará en cirugía es el 5 el día martes con solamente 29.72 minutos.

TABLA IV
Tiempos (minutos) de quirófanos

j	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	353.76	346.91	357.76	0.00	0.00
2	0.00	319.53	319.53	319.53	0.00
3	319.53	0.00	353.52	0.00	313.44
4	351.61	0.00	0.00	306.24	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En esta tabla podemos apreciar que la mayor parte de los días que los quirófanos se utilizan serán aprovechados en gran manera, se tiene como media que la cantidad de tiempo a utilizar los quirófanos en esta corrida es de 332.85 minutos de 360 que están disponibles, ya que, este es el horario de todos los médicos en esta área. Por lo cual se puede observar que el modelo sí está maximizando la utilización de ellos. Los días que no son utilizados es porque no existe un especialista disponible para su utilización o no es necesario su uso en ese día.

TABLA V
Tiempos (minutos) de anestesiólogos

m	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1	338.76	28.17	73.38	0.00	85.42
2	0.00	169.02	237.76	274.53	183.02
3	246.61	29.72	274.53	0.00	0.00
4	274.53	274.53	220.14	186.24	0.00

En esta tabla se muestran la cantidad de tiempo que estarán en cirugía los cuatro anestesiólogos disponibles. Cada uno de ellos se observa que tiene por lo menos un día libre, esto quiere decir, que el modelo considera que se requieren todos los cinco días para esta corrida y demanda en específico.

La siguiente tabla es la generada por el modelo como resultado final; en ella se detalla toda la programación que fue asignada. Se colocan todos los datos importantes que ocupa el hospital de la programación. Es importante que el CQ analice cada uno de los resultados para el aseguramiento de los tiempos y coherencia de los datos. Además, si existe alguna cirugía que tenga alguna prioridad, el comité debe de decidir cuáles de las cirugías programadas por el modelo cambiar; siempre y cuando se cumplan con las restricciones que existen.

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

TABLA V
Programación de cirugías a la semana

Día	Médico	Cantidad	Cirugía	Quirófano	Anestesiólogo
Lunes	Dra. Flores	1	PIELOTOMÍA	Quirófano 1	Dra. Cáceres
Lunes	Dr. Benítez	3	ORQUIDOPEXIA	Quirófano 3	Dra. Karla
Lunes	Dr. Mejía	7	BIOPSIA DE PIEL Y TEJIDO SUBCUTÁNEO	Quirófano 6	Dra. Montoya
Martes	Dra. Meléndez	1	OTROS PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICOS SOBRE PIEL Y TEJIDO SUBCUTÁNEO	Quirófano 1	Dra. Cáceres
Martes	Dra. Meléndez	6	OTROS PROCEDIMIENTOS DIAGNÓSTICOS SOBRE PIEL Y TEJIDO SUBCUTÁNEO	Quirófano 1	Dr. Salinas
Martes	Dr. Padilla	1	TORACOTOMÍA EXPLORATORIA	Quirófano 1	Dra. Montoya
Martes	Dr. Villeda	3	ORQUIDOPEXIA	Quirófano 2	Dra. Karla
Miércoles	Dr. Padilla	8	TORACOTOMÍA EXPLORATORIA	Quirófano 1	Dr. Salinas
Miércoles	Dr. Benítez	1	REPARACIÓN DE HERNIA INGUINAL INDIRECTA	Quirófano 3	Dra. Cáceres
Miércoles	Dr. Benítez	3	REPARACIÓN DE HERNIA INGUINAL INDIRECTA	Quirófano 3	Dra. Karla
Miércoles	Dr. Villeda	3	ORQUIDOPEXIA	Quirófano 2	Dra. Montoya
Jueves	Dr. Villeda	3	ORQUIDOPEXIA	Quirófano 2	Dr. Salinas

Como se puede observar, el modelo genera una tabla de programación clara y simple, para evitar que el usuario confunda alguna información y no se realice la programación como fue generada. Esta tabla fue con base en la LEQ actualizada el 17 de diciembre del 2018 y sus resultados son para dicha semana (17 al 21 de diciembre).

V. CONCLUSIONES

- 1) Los factores que se lograron identificar que influyen en la programación de cirugías del HMEP son tipo y tiempo de cirugía, médico, anestesiólogo, quirófano, tiempo de preparación de la sala, horario de los médicos, días en los que se realizan operaciones por especialidad, prioridad de la cirugía y la lista de espera quirúrgica (LEQ). Todos estos factores actualmente son analizados por el Comité Quirúrgico (CQ) y ellos realizan la asignación de las cirugías dentro del hospital.
- 2) Dentro de una corrida se logró definir que la cantidad óptima de cirugías a realizar son 51 en comparación a 35 que, en promedio, que se realizan actualmente. Con una utilización de minutos del médico, quirófano y anestesiólogo como se ilustra en las tablas 7, 8 y 9 de forma correspondiente. Utilizando la mayor parte del tiempo disponible de los cinco quirófanos con los que se trabajó con un porcentaje de utilización promedio de 92.46% en comparación a 36.70% que se tiene como promedio actualmente. Se puede apreciar que el factor que se comporta en el sistema como “cuello de botella” son los quirófanos. También los horarios que tienen disponibilidad los especialistas para realizar las cirugías.

- 3) El tiempo que tarda el modelo en encontrar una solución óptima es de 6.15 minutos dado que la cantidad de variables que analiza es de 22,785. El CQ se reúne en un horario de 7:00 a.m. a 8:00 a.m. que comprende de 60 min. El modelo realiza el proceso de una forma más rápida por 53.85 minutos.

REFERENCIAS

- [1] Bocanegra, F. (2018). Entrevista.
- [2] Bermúdez-Madrid José, Sáenz María, & Acosta Mónica. (2011). Sistema de salud de Honduras. *Instituto Nacional de Salud Pública México*, 53, S209–S219.
- [3] Gobierno de Honduras, & OPS. (2016). Estrategia de Cooperación de País de la OPS-OMS, 106.
- [4] Handal, Y. (2018). Entrevista.
- [5] Standford. (2018). Tipos de cirugía para niños. Recuperado de <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=tipos-de-ciruga-90-P06135>
- [6] Velásquez Restrepo, P. A., Rodríguez Quintero, A. K., & Jaén Posada, J. S. (2013). Aproximación metodológica a la planificación y a la programación de las salas de cirugía: una revisión de la literatura, 18.
- [7] Center for Innovation in Research and Teaching. (2018). Case Study Method. Recuperado de https://cirt.gcu.edu/research/developmentresources/research_ready/descriptive/case_study
- [8] Díaz de Salas, S. A., Mendoza Martínez, V. M., & Porras Morales, C. (2001). UNA GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE CASO, 16. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/1995/199518706040/>
- [9] Díaz López, L., Fuquen Fraile, L., Barrera, D., Gonzáles Neira, E., García Herreos, L., & Suárez, D. (2015). *Control de la variabilidad en la programación de pacientes electivos en salas de cirugía*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/gerepolsal/article/view/13188/10518>
- [10] Minitab. (2017). Soporte Minitab. Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-confidence-interval/>

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).