



PROGRAMACIÓN LINEAL COMO HERRAMIENTA EN LA TOMA DE DECISIONES EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA

Integrantes:

- Alvarado, Paula Virginia.
DNI: 41.650.405 alvaradopaula75@gmail.com
- Antunez, Diego Gabriel.
DNI: 40.953.682 diegoantunezg@gmail.com
- Fernandez, Cintya Anabella.
DNI: 38.429.117 fernandezcintya94@gmail.com
- Lazarte, María Eloísa.
DNI: 33.719.460 marialazarte998@gmail.com
- Quian, Nicolás.
DNI: 37.947.979 quiannicolas@gmail.com

AÑO 2021



ÍNDICE

RESUMEN.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	3
2.1. Preguntas de Investigación.....	3
3. OBJETIVO GENERAL.....	3
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5.1. Instrumentos de Recolección de Datos.....	4
6. MARCO TEÓRICO.....	4
7. DESARROLLO.....	5
8. ANÁLISIS DE DATOS.....	11
9. CONCLUSIONES.....	12
BIBLIOGRAFÍA.....	13
APÉNDICE.....	13
ANEXO.....	18



RESUMEN

El estudio se planteó con un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, posee un diseño no experimental de tipo transversal o transeccional, que se realizó en el marco de la materia Análisis Cuantitativo de Negocios I en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Tucumán.

El siguiente trabajo tiene como finalidad aplicar la programación lineal en una empresa constructora para modelizar la distribución óptima de tipos de departamentos en un edificio en construcción, para satisfacer la demanda y maximizar el margen de contribución en la venta del edificio en una empresa constructora de Yerba Buena, provincia de Tucumán.

Como instrumentos de recolección de datos se llevaron a cabo *Entrevista con Expertos* a los dueños de la constructora y *Análisis documental* de los datos internos de la empresa a través del software de gestión llamado Synagro.

Para la realización del trabajo será de utilidad el complemento Solver de Excel, que permitirá hallar una solución óptima para el modelo que se plantea.

En base a la información recolectada y las herramientas que nos brinda la Investigación Operativa se puede concluir que el conjunto solución para maximizar la Contribución Marginal está dado por la construcción de 20 departamentos tipo Monoambiente, 6 unidades de 1 Dormitorio, 3 departamentos de 2 Dormitorios y 2 unidades tipo duplex, combinados en los diferentes pisos del edificio.

Palabras Clave: Programación Lineal - Distribución Óptima - Maximizar



1. INTRODUCCIÓN

La empresa constructora se encuentra ubicada en Yerba Buena, provincia de Tucumán. Trabaja por proyectos, es decir que cada obra en la que participa es diferente. Por lo que contar con la información adecuada le permitirá obtener mayores beneficios en cada uno de los proyectos.

El *Análisis Cuantitativo de Negocios* es un conjunto de técnicas cuantitativas que sirven como herramientas para el gran proceso de tomar decisiones. Dentro de esas técnicas, se destacan los modelos matemáticos. Un *modelo* es una representación casi siempre matemática de una situación de la vida real.

La creación de un modelo implica definir un objetivo a alcanzar y restricciones que deben cumplirse.

Son muchas las herramientas que utiliza la investigación operativa pero entre ellas se encuentra la *programación lineal*, que se trata de un conjunto de técnicas matemáticas que intentan obtener el mayor provecho posible de una situación.

Lo que se pretende obtener con el presente trabajo es una mezcla óptima de los distintos tipos de departamentos maximizando la contribución marginal de la empresa.

2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Actualmente la empresa se encuentra en el proceso de construcción de un edificio de 8 pisos. Carece de un plan de construcción que le permita determinar la cantidad óptima a construir de cada tipo de departamento (monoambiente, 1 dormitorio, 2 dormitorios o dúplex).

2.1. Preguntas de Investigación: se plantearon las siguientes:

- ¿Cuáles son los costos de producción de cada tipo de departamento?
- ¿Cuáles son las restricciones del modelo?
- ¿Cuál es la cantidad óptima de departamentos por piso y en la totalidad del edificio?

3. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del presente trabajo es proponer un modelo que permita determinar la mezcla óptima de tipos de departamentos para satisfacer la demanda y maximizar el margen de contribución en la venta del edificio en una empresa constructora de Yerba Buena, provincia de Tucumán.



4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los costos de construcción de cada tipo de departamento en el edificio.
- Elaborar un modelo de programación lineal que le permita a la empresa aplicar en futuros proyectos de obras de edificios.
- Encontrar un conjunto solución óptimo de la mejor combinación de los diferentes departamentos para la toma de decisiones de la empresa.

5. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El trabajo tiene un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo. Posee un diseño no experimental de tipo transversal o transeccional, ya que busca recabar datos de las variables en un solo momento, es decir, en tiempo único, con el objetivo de describirlas y analizar su incidencia en un momento dado. El muestreo es no probabilístico debido a que la elección de los elementos no depende de la probabilidad.

Las técnicas utilizadas serán la Programación Lineal Entera con la finalidad de encontrar la mezcla óptima de los diferentes departamentos que le permita a la empresa maximizar su contribución marginal teniendo en cuenta las distintas restricciones.

5.1. Instrumentos de recolección de datos:

- *Entrevistas de experto* con los dueños de la empresa para obtener información considerada relevante a tener en cuenta.
- *Análisis documental* de los datos internos de la empresa a través del software de gestión Synagro para obtener información acerca de los costos y los datos relacionados a los tipos de departamentos a construir.

6. MARCO TEÓRICO

La **Investigación Operativa** es una disciplina moderna que utiliza modelos matemáticos, estadísticos y algoritmos para solucionar problemas reales con un enfoque innovador. La misma incluye una gran cantidad de ramas, entre las que se encuentran:

- La **Programación Lineal** es una técnica de modelado matemático ampliamente utilizada, que está diseñada para ayudar a los gerentes en la planeación y toma de decisiones respecto a la asignación de recursos. Todos los problemas de programación lineal tienen varias propiedades y suposiciones comunes:

- 1) Se busca maximizar o minimizar alguna cantidad, por lo general la utilidad o el costo. Esto se conoce como función objetivo.
- 2) Existen restricciones que limitan el grado en que se puede alcanzar el objetivo planteado.
- 3) Se cuenta con cursos de acción alternativos para elegir.



4) Los objetivos y las restricciones se expresan en términos de ecuaciones o desigualdades lineales. El término lineal implica tanto proporcionalidad como adición.

5) Debe cumplir con los siguientes supuestos:

Certeza: se conocen con certeza los números en el objetivo y restricciones y no cambian durante el periodo que se está estudiando.

Proporcionalidad: la contribución a la función objetivo y la cantidad de recursos empleados en cada restricción son proporcionales al valor de la variable de decisión.

Aditividad: significa que el valor de la función objetivo y los recursos empleados se calculan al sumar la contribución marginal de la función objetivo y los recursos empleados para todas las variables de decisión.

Divisibilidad: las soluciones no son necesariamente números enteros.

No negatividad: las variables de decisión no pueden tomar valores negativos.

- La **Programación Lineal Entera** es un modelo que tiene restricciones y una función objetivo idénticas a las formuladas por la Programación Lineal Continua. La única diferencia es que una o más de las variables de decisión tienen que tomar un valor entero en la solución final. Existen tres tipos de problemas de programación entera:

- 1) Problemas de programación entera pura: son casos donde se requiere que todas las variables tengan valores enteros.
- 2) Problemas de programación entera mixta: son casos en los cuales se requiere que algunas variables de decisión, aunque no todas, tengan valores enteros.
- 3) Problemas de programación entera cero-uno: son casos especiales donde todas las variables de decisión deben tener valores de solución enteros de 0 o 1.

La utilidad que brindan los modelos de programación lineal se ven reflejados en diversas situaciones administrativas, como, por ejemplo: situaciones de mezcla de productos, aplicación en marketing, planeación de trabajo, etc.

7. DESARROLLO

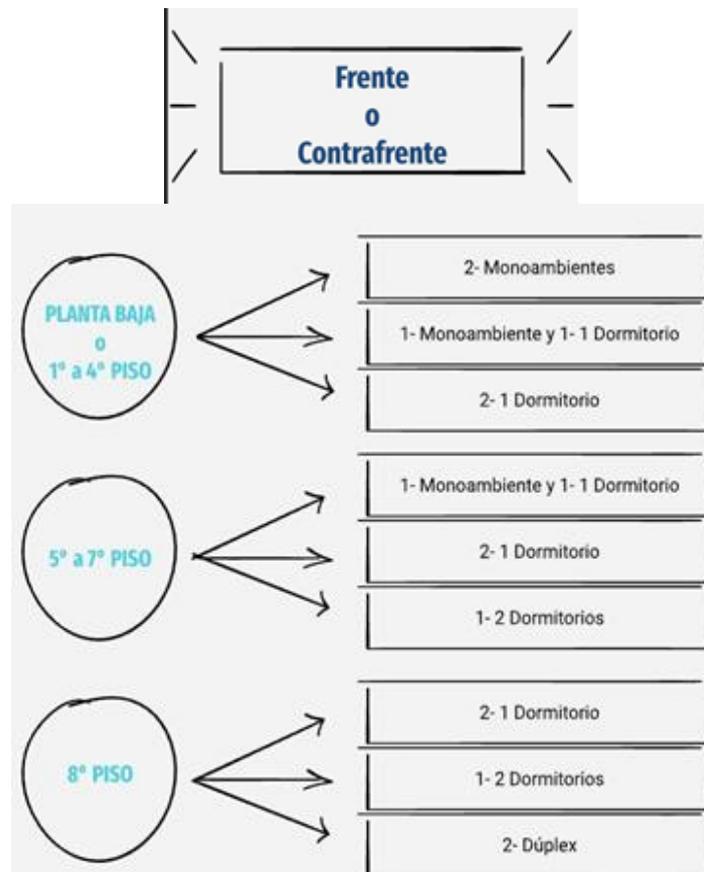
Para iniciar el modelado del problema se define lo siguiente:

Variables de Decisión:

Para el planteo de las variables de decisión, es decir aquellas variables susceptibles de cambio que representan las decisiones reales que se tomarán, se utilizó un árbol de decisión para visualizar las combinaciones posibles. Desde la planta baja hasta el 4to piso existen 3 tipos de combinaciones entre monoambiente y departamentos de 1 dormitorio. Entre los pisos 5to y 7mo las combinaciones posibles son entre



departamentos de monoambiente, 1 dormitorio y 2 dormitorios y en el piso 8vo las combinaciones son entre departamento de 1 dormitorio, 2 dormitorios y dúplex.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de esto se definieron 50 variables de decisión binarias de las combinaciones posibles de tipos de departamentos para cada piso:

Con el formato X_{ijk}

- Con i para los tipos de departamentos. $i = 1, 2, 3, 4, 5$.
 - 1 = combinación de 2 departamentos tipo monoambientes.
 - 2 = combinación de 1 monoambiente y 1 departamento de 1 dormitorio.
 - 3 = combinación de 2 departamentos de 1 dormitorio.
 - 4 = combinación de 1 departamento de 2 dormitorios.
 - 5 = combinación de 2 departamentos tipo dúplex.
- Con j para los pisos del edificio. $j = 0, \dots, 8$.
 - 0 = planta baja
 - ...
 - 8 = octavo piso
- Con k para la ubicación del departamento. $k = 1, 2$.
 - 1 = ubicación frente.
 - 2 = ubicación contrafrente.



- 1) **X₁₀₂**: Combinación de dos monoambientes en Planta Baja ubicación contrafrente.
- 2) **X₂₀₂**: Combinación de un monoambiente y un departamento de 1 dormitorio en Planta Baja ubicación contrafrente.
- ...
- 50) **X₄₈₂**: Combinación de 1 departamento de 2 dormitorios en el 8vo piso ubicación contrafrente.

Se utilizó la misma terminología para el resto de las variables.

Función Objetivo:

El objetivo de la Programación Lineal es maximizar la contribución marginal en la venta del edificio.

A partir de la definición del problema, se realizó el análisis de la base de datos proporcionada por la empresa, la cual contaba con información acerca de los costos variables tanto de materiales como de la mano de obra. Se obtuvo el costo variable de construcción por m² (en dólares), siendo su valor de u\$s 624,15; también se pudo conocer el precio de venta por m² (en dólares) de cada tipo de departamento. Estos precios, los dueños los obtuvieron de una inmobiliaria y son sobre los departamentos terminados.

Cálculo Contribucion Marginal		
PISOS	TIPO DPTO	PRECIO M2 (u\$s)
PB	MONOAMBIENTE	882,81
	DPTO 1 DORM.	867,09
1º AL 4º FRENTE	MONOAMBIENTE	1.011,51
	DPTO 1 DORM.	993,49
1º AL 4º CONTRAF.	MONOAMBIENTE	882,81
	DPTO 1 DORM.	867,09
5º FRENTE	MONOAMBIENTE	1.011,51
	DPTO 1 DORM.	993,49
	DPTO 2 DORM.	989,29
5º CONTRAF.	MONOAMBIENTE	882,81
	DPTO 1 DORM.	867,09
	DPTO 2 DORM.	863,42
6º AL 8º FRENTE	MONOAMBIENTE	1.011,51
	DPTO 1 DORM.	993,49
	DPTO 2 DORM.	989,29
6º AL 8º CONTRAF.	MONOAMBIENTE	882,81
	DPTO 1 DORM.	884,64
	DPTO 2 DORM.	863,42
	DÚPLEX	910,19

Fuente: Elaboración propia.

Como parámetros se plantearon las contribuciones marginales totales por cada combinación posible de departamentos en cada piso. Donde se presentan m² máximos por piso.



PB:106,06 m2		1° AL 4° FRENTE:104,66 m2		1° AL 4°CONTRAFRENTE:100,09 m2	
COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACION	COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN	COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN
2-MONO	27.433,48	2-MONO	40.541,10	2-MONO	25.886,69
1 MONO Y 1-1DORM	26.522,19	1 MONO Y 1-1DORM	39.497,74	1 MONO Y 1-1DORM	25.077,97
2-1DORM	25.766,22	2-1DORM	38.655,12	2-1DORM	24.315,86
5° FRENTE:104,8 m2		5°CONTRAFRENTE:108,54 m2		6° FRENTE:104,8 m2	
COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN	COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN	COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN
1 MONO Y 1-1DORM	39.562,33	1 MONO Y 1-1DORM	27.163,67	1 MONO Y 1-1DORM	39.562,33
2-1DORM	38.706,83	2-1DORM	26.368,71	2-1DORM	38.706,83
1- 2DORM	38.266,67	1- 2DORM	25.970,37	1- 2DORM	38.266,67
6°CONTRAFRENTE:100,38 m2		7° FRENTE:104,8 m2		7°CONTRAFRENTE:100,38 m2	
COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN	COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN	COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN
1 MONO Y 1-1DORM	26.062,23	1 MONO Y 1-1DORM	39.562,33	1 MONO Y 1-1DORM	26.062,23
2-1DORM	26.147,99	2-1DORM	38.706,83	2-1DORM	26.147,99
1- 2DORM	24.017,92	1- 2DORM	25.075,50	1- 2DORM	24.017,92
8° FRENTE:203,07 m2 (SOLO EN ESTE PISO PUEDEN IR LOS DUPLEX)		8°CONTRAFRENTE:100,38 m2			
COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN	COMBINACIÓN	CMG TOTAL COMBINACIÓN		
2-1DORM	38.717,91	2-1DORM	26.147,99		
2-1DORM	38.486,75	1-2DORM	24.017,92		
2-DUPLEX	58.266,35				

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la función objetivo obtenida para el presente trabajo está definida de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{FO} = \text{Max CMg Total} = & \text{u}\$s 27.433,48 * X_{102} + \text{u}\$s 26.522,19 * X_{202} + \text{u}\$s 25.766,22 * X_{302} \\
 & + \text{u}\$s 40.541,10 * X_{111} + \text{u}\$s 39.497,74 * X_{211} + \text{u}\$s 38.655,12 * X_{311} + \text{u}\$s 25.886,69 * X_{112} \\
 & + \text{u}\$s 25.077,97 * X_{212} + \text{u}\$s 24.315,86 * X_{312} + \text{u}\$s 40.541,10 * X_{121} + \text{u}\$s 39.497,74 * X_{221} \\
 & + \text{u}\$s 38.655,12 * X_{321} + \text{u}\$s 25.886,69 * X_{122} + \text{u}\$s 25.077,97 * X_{222} + \text{u}\$s 24.315,86 * X_{322} \\
 & + \text{u}\$s 40.541,10 * X_{131} + \text{u}\$s 39.497,74 * X_{231} + \text{u}\$s 38.655,12 * X_{331} + \text{u}\$s 25.886,69 * X_{132} \\
 & + \text{u}\$s 25.077,97 * X_{232} + \text{u}\$s 24.315,86 * X_{332} + \text{u}\$s 40.541,10 * X_{141} + \text{u}\$s 39.497,74 * X_{241} \\
 & + \text{u}\$s 38.655,12 * X_{341} + \text{u}\$s 25.886,69 * X_{142} + \text{u}\$s 25.077,97 * X_{242} + \text{u}\$s 24.315,86 * X_{342} \\
 & + \text{u}\$s 39.562,33 * X_{251} + \text{u}\$s 38.706,83 * X_{351} + \text{u}\$s 38.266,67 * X_{451} + \text{u}\$s 27.163,67 * X_{252} \\
 & + \text{u}\$s 26.368,71 * X_{352} + \text{u}\$s 25.970,37 * X_{452} + \text{u}\$s 39.562,33 * X_{261} + \text{u}\$s 38.706,83 * X_{361} \\
 & + \text{u}\$s 38.266,67 * X_{461} + \text{u}\$s 26.062,23 * X_{262} + \text{u}\$s 26.147,99 * X_{362} + \text{u}\$s 24.017,92 * X_{462} \\
 & + \text{u}\$s 39.562,33 * X_{271} + \text{u}\$s 38.706,83 * X_{371} + \text{u}\$s 25.075,50 * X_{471} + \text{u}\$s 26.062,23 * X_{272} \\
 & + \text{u}\$s 26.147,99 * X_{372} + \text{u}\$s 24.017,92 * X_{472} + \text{u}\$s 38.717,91 * X_{381} + \text{u}\$s 38.486,75 * X_{481} \\
 & + \text{u}\$s 58.266,35 * X_{581} + \text{u}\$s 26.147,99 * X_{382} + \text{u}\$s 24.017,92 * X_{482}
 \end{aligned}$$



Restricciones:

Para llevar a cabo este objetivo se plantean las siguientes restricciones:

- *Restricciones de capacidad:* están dadas por la cantidad de combinaciones permitidas por cada piso.

R1: $X_{102}+X_{202}+X_{302} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para la planta baja ubicación contrafrente)

R2: $X_{111}+X_{211}+X_{311} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 1º piso ubicación frente)

R3: $X_{112}+X_{212}+X_{312} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 1º piso ubicación contrafrente)

R4: $X_{121}+X_{221}+X_{321} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 2º piso ubicación frente)

R5: $X_{122}+X_{222}+X_{322} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 2º piso ubicación contrafrente)

R6: $X_{131}+X_{231}+X_{331}=1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 3º piso ubicación frente)

R7: $X_{132}+X_{232}+X_{332} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 3º piso ubicación contrafrente)

R8: $X_{141}+X_{241}+X_{341} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 4º piso ubicación frente)

R9: $X_{142}+X_{242}+X_{342} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 4º piso ubicación contrafrente)

R10: $X_{251}+X_{351}+X_{451} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 5º piso ubicación frente)

R11: $X_{252}+X_{352}+X_{452} = 1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 5º piso ubicación contrafrente)

R12: $X_{261}+X_{361}+X_{461}=1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 6º piso ubicación frente)

R13: $X_{262}+X_{362}+X_{462}=1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 6º piso ubicación contrafrente)

R14: $X_{271}+X_{371}+X_{471}=1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 7º piso ubicación frente)

R15: $X_{272}+X_{372}+X_{472}=1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 7º piso ubicación contrafrente)

R16: $X_{381}+X_{481}+X_{581}=1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 8º piso ubicación frente)

R17: $X_{382}+X_{482}=1$ (Debe existir solo un tipo de combinación para el 8º piso ubicación contrafrente)



- *Restricciones de política:* actualmente la empresa cuenta con una política que establece cantidades mínimas de cada tipo de departamento a construir en el edificio definidos por una investigación realizada por la misma anterior al proyecto.

Definió que deben existir al menos seis monoambientes, seis departamentos de 1 dormitorio, tres de 2 dormitorios y dos tipo dúplex.

R18: $X_{102}+X_{111}+X_{112}+X_{121}+X_{122}+X_{131}+X_{132}+X_{141}+X_{142} \geq 2$ (Deben existir al menos 2 combinaciones de 2 monoambientes en el edificio)

R19:

$X_{202}+X_{211}+X_{212}+X_{221}+X_{222}+X_{231}+X_{232}+X_{241}+X_{242}+X_{251}+X_{252}+X_{261}+X_{262}+X_{271}+X_{272} \geq 2$
(Deben existir al menos 2 combinaciones de 1 monoambiente y 1 departamento de un dormitorio en el edificio)

R20:

$X_{302}+X_{311}+X_{312}+X_{321}+X_{322}+X_{331}+X_{332}+X_{341}+X_{342}+X_{351}+X_{352}+X_{361}+X_{362}+X_{371}+X_{372}+X_{381}+X_{382} \geq 2$ (Deben existir al menos 2 combinaciones de 2 departamentos de un dormitorio en el edificio)

R21: $X_{451}+X_{452}+X_{461}+X_{462}+X_{471}+X_{472}+X_{481}+X_{482} \geq 3$ (Deben existir al menos 3 combinaciones de 1 departamento de dos dormitorios en el edificio)

R22: $X_{581}=1$ (Debe existir solo 1 tipo de combinación de dos duplex en el edificio)

- *Restricción de no negatividad y binomial*

R23: Todos los valores de X_{ijk} pertenecen al conjunto de los números naturales positivos unidos al 0, con $i = 1, 2, \dots, 5$; $j = 0, 1, \dots, 8$; $k = 1, 2$.

R24: Todas las variables de decisión X_{ijk} pueden tomar valores enteros de cero o uno, con $i = 1, 2, \dots, 5$; $j = 0, 1, \dots, 8$; $k = 1, 2$.



8. ANÁLISIS DE DATOS

Luego del exhaustivo análisis, como resultado de la Programación Lineal Entera Cero-Uno se obtuvo un conjunto solución óptimo de combinaciones de tipos de departamentos que maximizan la Contribución Marginal Total, siendo presentadas en el siguiente cuadro:

Pisos	Frente/ contrafrente	COMBINACIÓN	CMg COMBINACIÓN
PB	Contrafrente	2 - Monoambientes	\$27.433,48
1º Piso	Frente	2 - Monoambientes	\$40.541,10
	Contrafrente	2 - Monoambientes	\$25.886,69
2º Piso	Frente	2 - Monoambientes	\$40.541,10
	Contrafrente	2 - Monoambientes	\$25.886,69
3º Piso	Frente	2 - Monoambientes	\$40.541,10
	Contrafrente	2 - Monoambientes	\$25.886,69
4º Piso	Frente	2 - Monoambientes	\$40.541,10
	Contrafrente	2 - Monoambientes	\$25.886,69
5º Piso	Frente	1- 2 Dormitorios	\$38.266,67
	Contrafrente	1- 2 Dormitorios	\$25.970,37
6º Piso	Frente	1- 2 Dormitorios	\$38.266,67
	Contrafrente	2- 1 Dormitorio	\$26.147,99
7º Piso	Frente	1 Mono y 1- 1 Dormitorio	\$39.562,33
	Contrafrente	1 Mono y 1- 1 Dormitorio	\$26.062,23
8º Piso	Frente	2- Dúplex	\$58.266,35



Universidad Nacional de Tucumán
Facultad de Ciencias Económicas
Instituto de Administración
**IX Muestra Académica de Trabajos de
Investigación de la Licenciatura en
Administración**



	Contrafrente	2- 1 Dormitorio	\$26.147,99
CMg Total (en dólares)			\$571.835,24

Fuente: Elaboración propia.



Por lo tanto, para maximizar la Contribución Marginal se deberán construir 20 departamentos tipo Monoambiente, 6 unidades de 1 Dormitorio, 3 departamentos de 2 Dormitorios y 2 unidades tipo duplex, obteniendo así un margen de contribución máximo de u\$s 571.835,24.

9. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, mediante el análisis de los datos obtenidos se propone un modelo de programación lineal entera binaria como solución a la problemática expuesta. Se obtuvo el conjunto solución óptimo que satisface las restricciones de capacidad y política planteadas y maximiza la contribución marginal total para la empresa constructora. Por otro lado, el modelo diseñado puede servir de base, realizando los cambios necesarios, para el análisis de futuros proyectos, contribuyendo en la toma de decisiones.



BIBLIOGRAFÍA

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill Education.
- Hansen D. & Mowen M. (2007). *Administración de costos. Contabilidad y control*. (5° Edición). México: Cengage Learning.
- Render, B., Stair, R., & Hanna, M. (2012). *Métodos cuantitativos para los negocios* (11° Edición). México.: Pearson.
- Walpole, R.E. & Myers, R.H. (1994). *Probabilidad y Estadística*. (4° Edición). México: McGraw-Hill Education.

APÉNDICE

A continuación se presenta el modelo realizado a través de la herramienta Excel, implementada la Programación Lineal Entera.

	PB			1° FRENTE		
	X1: 2-MONO	X2:1 MONO Y 1-1DORM	X3:2-1DORM	X4:2-MONO	X5:1 MONO Y 1-1DORM	X6:2-1DORM
	1	0	0	1	0	0
FO: Max CMgT	\$ 27.433,48	\$ 26.522,19	\$ 25.766,22	\$ 40.541,10	\$ 39.497,74	\$ 38.655,12
R1	1	1	1			
R2				1	1	1
R3						
R4						
R5						
R6						
R7						
R8						
R9						
R10						
R11						
R12						
R13						
R14						
R15						
R16						
R17						
R18	1			1		
R19		1			1	
R20			1			1
R21						
R22						
R23	Todos los valores de Xi pertenecen al conjunto de los números enteros unidos al 0, con i = 1,2, ..., 50.					
R24	Todas las variables de decisión Xi pueden tomar valores enteros de cero o uno, con i = 1, 2, ..., 50.					

Fuente: Elaboración propia.



Universidad Nacional de Tucumán
 Facultad de Ciencias Económicas
 Instituto de Administración
**IX Muestra Académica de Trabajos de
 Investigación de la Licenciatura en
 Administración**



	1° PISO CONTRAF			2° PISO FRENTE		
	X7:2-MONO	X8:1 MONO Y 1-1DORM	X9:2-1DORM	X10: 2-MONO	X11:2 MONO Y 1-1DORM	X12:2-1DORM
	1	0	0	1	0	0
FO: Max CMgT	\$ 25.886,69	\$ 25.077,97	\$ 24.315,86	\$ 40.541,10	\$ 39.497,74	\$ 38.655,12
R1						
R2						
R3	1	1	1			
R4				1	1	1
R5						
R6						
R7						
R8						
R9						
R10						
R11						
R12						
R13						
R14						
R15						
R16						
R17						
R18	1			1		
R19		1			1	
R20			1			1
R21						
R22						

Fuente: Elaboración propia.

	2° PISO CONTRAF			3° PISO FRENTE		
	X13:2-MONO	X14:1 MONO Y 1-1DORM	X15:2-1DORM	X16:2-MONO	X17:1 MONO Y 1-1DORM	X18:2-1DORM
	1	0	0	1	0	0
FO: Max CMgT	\$ 25.886,69	\$ 25.077,97	\$ 24.315,86	\$ 40.541,10	\$ 39.497,74	\$ 38.655,12
R1						
R2						
R3						
R4						
R5	1	1	1			
R6				1	1	1
R7						
R8						
R9						
R10						
R11						
R12						
R13						
R14						
R15						
R16						
R17						
R18	1			1		
R19		1			1	
R20			1			1
R21						
R22						

Fuente: Elaboración propia.



Universidad Nacional de Tucumán
 Facultad de Ciencias Económicas
 Instituto de Administración
**IX Muestra Académica de Trabajos de
 Investigación de la Licenciatura en
 Administración**



	3° PISO CONTRAF			4° PISO FRENTE		
	X19:2-MONO	X20:1 MONO Y 1-1DORM	X21:2-1DORM	X22:2-MONO	X23:1 MONO Y 1-1DORM	X24:2-1DORM
	1	0	0	1	0	0
FO: Max CMgT	\$ 25.886,69	\$ 25.077,97	\$ 24.315,86	\$ 40.541,10	\$ 39.497,74	\$ 38.655,12
R1						
R2						
R3						
R4						
R5						
R6						
R7	1	1	1			
R8				1	1	1
R9						
R10						
R11						
R12						
R13						
R14						
R15						
R16						
R17						
R18	1			1		
R19		1			1	
R20			1			1
R21						
R22						

Fuente: Elaboración propia.

	4° PISO CONTRAF			5° PISO FRENTE		
	X25: 2-MONO	X26: 1 MONO Y 1-1DORM	X27: 2-1DORM	X28:1 MONO Y 1-1DORM	X29:2-1DORM	X30:1-2DORM
	1	0	0	0	0	1
FO: Max CMgT	\$ 25.886,69	\$ 25.077,97	\$ 24.315,86	\$ 39.562,33	\$ 38.706,83	\$ 38.266,67
R1						
R2						
R3						
R4						
R5						
R6						
R7						
R8						
R9	1	1	1			
R10				1	1	1
R11						
R12						
R13						
R14						
R15						
R16						
R17						
R18	1					
R19		1		1		
R20			1		1	
R21						1
R22						

Fuente: Elaboración propia.



Universidad Nacional de Tucumán
 Facultad de Ciencias Económicas
 Instituto de Administración
**IX Muestra Académica de Trabajos de
 Investigación de la Licenciatura en
 Administración**



	5° PISO CONTRAF			6° PISO FRENTE		
	X31:1 MONO Y 1-1DORM	X32:2-1DORM	X33:1-2DORM	X34:1 MONO Y 1-1DORM	X35:2-1DORM	X36:1-2DORM
	0	0	1	0	0	1
FO: Max CMgT	\$ 27.163,67	\$ 26.368,71	\$ 25.970,37	\$ 39.562,33	\$ 38.706,83	\$ 38.266,67
R1						
R2						
R3						
R4						
R5						
R6						
R7						
R8						
R9						
R10						
R11	1	1	1			
R12				1	1	1
R13						
R14						
R15						
R16						
R17						
R18						
R19	1			1		
R20		1			1	
R21			1			1
R22						

Fuente: Elaboración propia.

	6° PISO CONTRAF			7° PISO FRENTE		
	X37:1 MONO Y 1-1DORM	38:2-1DORM	39:1-2DORM	X40:1 MONO Y 1-1DORM	X41:2-1DORM	X42:1-2DORM
	0	1	0	1	0	0
FO: Max CMgT	\$ 26.062,23	\$ 26.147,99	\$ 24.017,92	\$ 39.562,33	\$ 38.706,83	\$ 25.075,50
R1						
R2						
R3						
R4						
R5						
R6						
R7						
R8						
R9						
R10						
R11						
R12						
R13	1	1	1			
R14				1	1	1
R15						
R16						
R17						
R18						
R19	1			1		
R20		1			1	
R21			1			1
R22						

Fuente: Elaboración propia.



Universidad Nacional de Tucumán
 Facultad de Ciencias Económicas
 Instituto de Administración
**IX Muestra Académica de Trabajos de
 Investigación de la Licenciatura en
 Administración**



	7° PISO CONTRAF			8° PISO FRENTE		
	X43:1 MONO Y 1-1DORM	X44:2-1DORM	X45:1-2DORM	X46:2-1DORM	X47:1-2DORM	X48:2-DUPLEX
	1	0	0	0	0	1
FO: Max CMgT	\$ 26.062,23	\$ 26.147,99	\$ 24.017,92	\$ 38.717,91	\$ 38.486,75	\$ 58.266,35
R1						
R2						
R3						
R4						
R5						
R6						
R7						
R8						
R9						
R10						
R11						
R12						
R13						
R14						
R15	1	1	1			
R16				1	1	1
R17						
R18						
R19	1					
R20		1		1		
R21			1		1	
R22						1

Fuente: Elaboración propia.

	8° PISO CONTRAF					
	X49:2-1DORM	X50:1-2DORM				
	1	0				
FO: Max CMgT	\$ 26.147,99	\$ 24.017,92	\$ 571.835,24			
R1				1 = 1	Restricciones de Capacidad	
R2				1 = 1		
R3				1 = 1		
R4				1 = 1		
R5				1 = 1		
R6				1 = 1		
R7				1 = 1		
R8				1 = 1		
R9				1 = 1		
R10				1 = 1		
R11				1 = 1		
R12				1 = 1		
R13				1 = 1		
R14				1 = 1		
R15				1 = 1		
R16				1 = 1		
R17	1	1		1 = 1		
R18				9 >= 2	Restricciones Políticas	
R19				2 >= 2		
R20	1			2 >= 2		
R21		1		3 >= 3		
R22				1 = 1		

Fuente: Elaboración propia.



ANEXO

Estado de Resultados

Saldo Inicial Inicio Primer Periodo: 00-00-00 U.N.: 19 Unidad Negocio

Desde: 00-00-00 Hasta: 00-00-00 Campaña: (Todas) Convertir Moneda: Local Consolidado Empresas..

Unidad de Negocio: Estado de Resultados 07-06-2021

Desde: 01-01-00 Hasta: 07-06-21

CUENTA	RESULTADO TOTAL
4000000 INGRESOS	(18,105,592.89)
4100000 INGRESOS POR VENTAS	(18,104,891.33)
4100003 Venta de Inmuebles Terminados	(18,104,891.33)
4300000 OTROS INGRESOS	(701.56)
4301000 Otros Ingresos	(701.56)
<hr/>	
Total del Ingresos:	(18,105,592.89)
5000000 EGRESOS	31,540,325.22
5100000 EGRESOS DIRECTOS	30,434,232.00
5110001 Trabajos Preliminares	187,000.00
5110005 Estructura Hormigon Armado	4,911,173.44
5110010 Revestimientos y Pisos	1,155,536.97
5110011 Cubierta y Estructura Metalica	146,299.22
5110013 Aberturas	2,211,907.34
5110015 Herreria	893,946.45
5110016 Aislaciones	375,996.20
5110017 Instalacion Electrica	3,740,418.35
5110018 Instalacion Sanitaria	1,561,507.01
5110019 Instalacion Gas	213,962.20
5110020 Instalaciones Especiales	3,698,065.77
5110021 Marmoles	513,176.13
5110022 Pinturas	1,336,733.67
5110026 Albañileria	7,940,872.25
5110027 Construcciones en Seco	1,043,282.95
5110028 Yeseria	504,354.05
5200000 EGRESOS INDIRECTOS	1,106,093.22
5210000 GASTOS OPERATIVOS	797,698.27
5210001 Alquiler de Maquinaria	4,600.00
5210004 Fletes y Acarreos	21,700.00
5210005 Seguridad y Vigilancia	487,000.00
5210006 Gastos Varios Operativos	182,560.77
5211000 Honorarios Prof Operativos	101,837.50
5220000 GASTOS DE PERSONAL	54,202.83
5220001 Sueldos y Jornales	26,000.00
5220004 Otros Gastos de Personal	28,202.83
5230000 GASTOS DE ADMINISTRACION	141,616.74
5230002 Honorarios Profesionales	57,400.00
5230003 Gastos Generales	160.00
5230004 Papeleria e Imprenta	10,442.96
5230005 Correspondencia	9,650.00
5230009 Gastos de Escribania	0.00
5230011 Luz, Gas y Agua	42,840.91
5230012 Impuesto Inmobiliario	16,266.87
5230014 Tasas Varias	4,856.00
5240000 GASTOS DE COMERCIALIZACION	112,575.56
5240001 Publicidad	20,030.20
5240003 Impuesto Sellos	0.00
5240004 Tasas Municipales	92,545.36

Página 1 de 2

Zoom: 1 de 3 Mostrar Moneda

Ver Regla Ver Modo Impresión

Fuente: Software Synagro utilizado por la empresa constructora.



Universidad Nacional de Tucumán
Facultad de Ciencias Económicas
Instituto de Administración
**IX Muestra Académica de Trabajos de
Investigación de la Licenciatura en
Administración**



Libro Mayor 07-06-21

Desde: 01-01-00 Hasta: 07-06-21 Consolidado Empresas.. Cuenta: Estructura Hormigon Armado (5110005) Cuentas..

Convertir Moneda: Local U.N.: 19 Unidad Negocio Excluir Ctas. Sin Mov.

Unidad de Negocio:		Libro Mayor		
		Desde fecha: 01-01-2000 Hasta fecha: 07-06-2021		
		Debe	Haber	Saldo
5110005 Estructura Hormigon Armado				
04-09-19	BERCOVICH SACIFIA - (Fact.Cpra No. 14137) HOR- Clavos punta paris, Hierro torsionado	26,617.38		3,083,581.14
04-09-19	BERCOVICH SACIFIA - (Nota Cred.Cpra No. 2500) HOR- Hierro torsionado		24,683.70	3,058,897.44
04-09-19	BERCOVICH SACIFIA - (Fact.Cpra No. 14139) HOR- Clavos punta paris	2,057.02		3,060,954.46
05-09-19	Aislantes TECNOPOR S.R.L. - (Fact.Cpra No. 5201) HOR- EPS para casetones	31,676.45		3,092,630.91
05-09-19	BERCOVICH SACIFIA - (Nota Cred.Cpra No. 2505) HOR- Clavos punta paris		386.74	3,092,244.17
06-09-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 18) HOR- Trabajos de Hormigon Pje Gutierrez	100,000.00		3,192,244.17
11-09-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 42) HOR- Trabajos de hormigon en Pje Gutierrez	70,000.00		3,262,244.17
20-09-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 47) HOR- Serv de Albañileria	120,000.00		3,382,244.17
25-09-19	EL SOL MATERIALES S.A. - (Fact.Cpra No. 1702) HOR- Clavos punta paris	1,833.40		3,384,077.57
27-09-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 49) HOR- Serv de albañileria y hormigon	100,000.00		3,484,077.57
04-10-19	Aislantes TECNOPOR S.R.L. - (Fact.Cpra No. 5512) HOR- EPS Densidad construccion para csetones	6,730.88		3,490,808.45
08-10-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 51) HOR- Serv de Albañileria y Hormigon	124,655.00		3,615,463.45
18-10-19	HORMECO S.R.L. - (Fact.Cpra No. 6371) HOR- 55 Hormigon elaborado H17 + Servicio de Bomba	268,400.00		3,883,863.45
24-10-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 54) HOR- Servicios de albañileria y hormigon	94,700.00		3,978,563.45
25-10-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 19) HOR- Trabajos hormigon Pje Gutierrez	120,000.00		4,098,563.45
25-10-19	EL SOL MATERIALES S.A. - (Fact.Cpra No. 2179) HOR- Alambre recocado N°16 y N°18, Clavos punta paris	11,638.00		4,110,201.45
01-11-19	GIACOSA Elio Enzo - (Fact.Cpra No. 11383) HOR- Herros del 6, 8, 12, 16 y 20. Alambre N°16 negro	256,141.99		4,366,343.44
08-11-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 57) HOR- Servicios de Hormigon	120,000.00		4,486,343.44
22-11-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 60) HOR- Serv de albañileria y hormigon	13,303.17		4,499,646.61
22-11-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 59) HOR- Serv de albañileria y hormigon	126,696.83		4,626,343.44
29-11-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 62) HOR- Serv. de albañileria y hormigon	60,000.00		4,686,343.44
06-12-19	ROMANO Cristian Omar - (Fact.Cpra No. 65) HOR- Saldo servicio de hormigon y albañileria Pje Gutierrez	191,260.00		4,877,603.44
10-12-19	HORMECO S.R.L. - (Fact.Cpra No. 6489) HOR- 6 Hormigon H17 + Serv de Bomba	33,570.00		4,911,173.44
Subtotal:		8,847,825.60	3,936,652.16	
Total:		8,847,825.60	3,936,652.16	4,911,173.44

Ver Regla

Zoom: 100
 Ver Modo Impresión



Mostrar Moneda

Fuente: Software Synagro utilizado por la empresa constructora.