



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Taller de gestión de producción y automatización

Andrés Santiago Cañon Porras

David Camilo Valbuena Molano

Isabella Mendoza Cáceres

Juan Manuel Rojas Luna

Samuel Alejandro Cruz Saavedra

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Automatización de Procesos de Manufactura

Bogotá, Colombia



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Octubre, 2025

Demandas de Productos

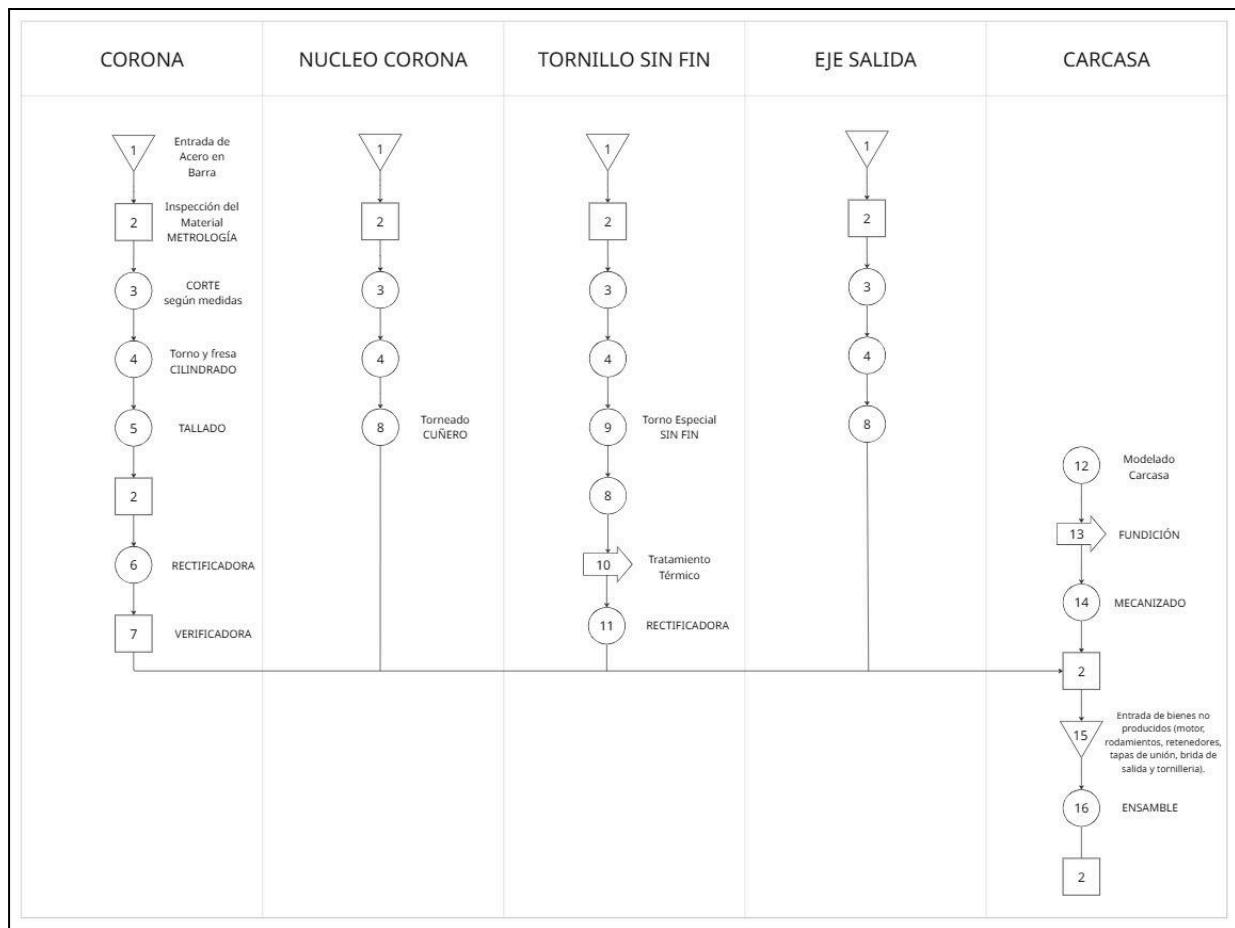
- Sinfín corona: 200 unidades/mes
- Engranajes Helicoidales: 200 unidades/mes
- Engranajes Cónicos: 100 unidades/mes



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diagrama de operaciones de procesos de los motorreductores

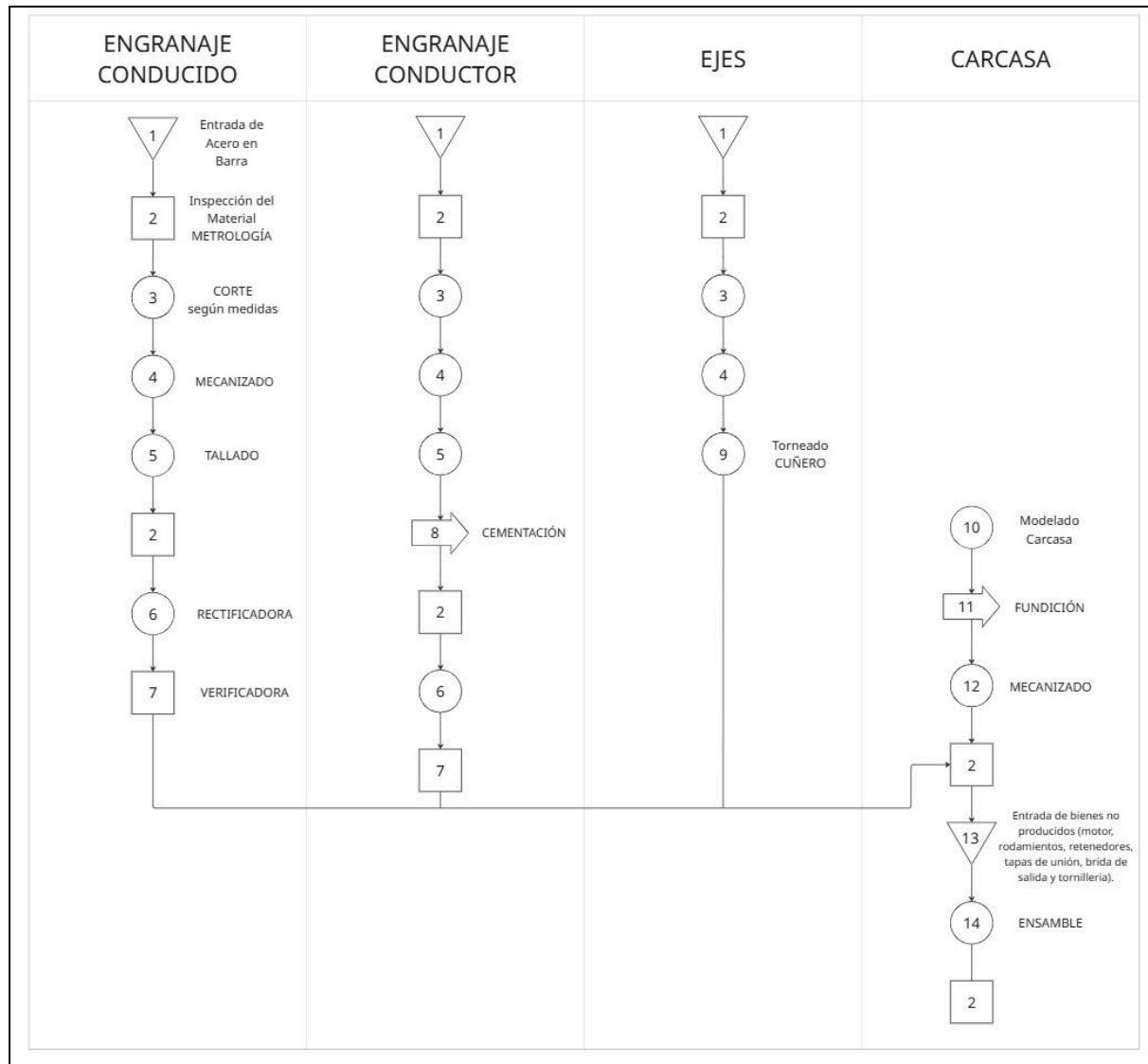
Sinfin corona





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

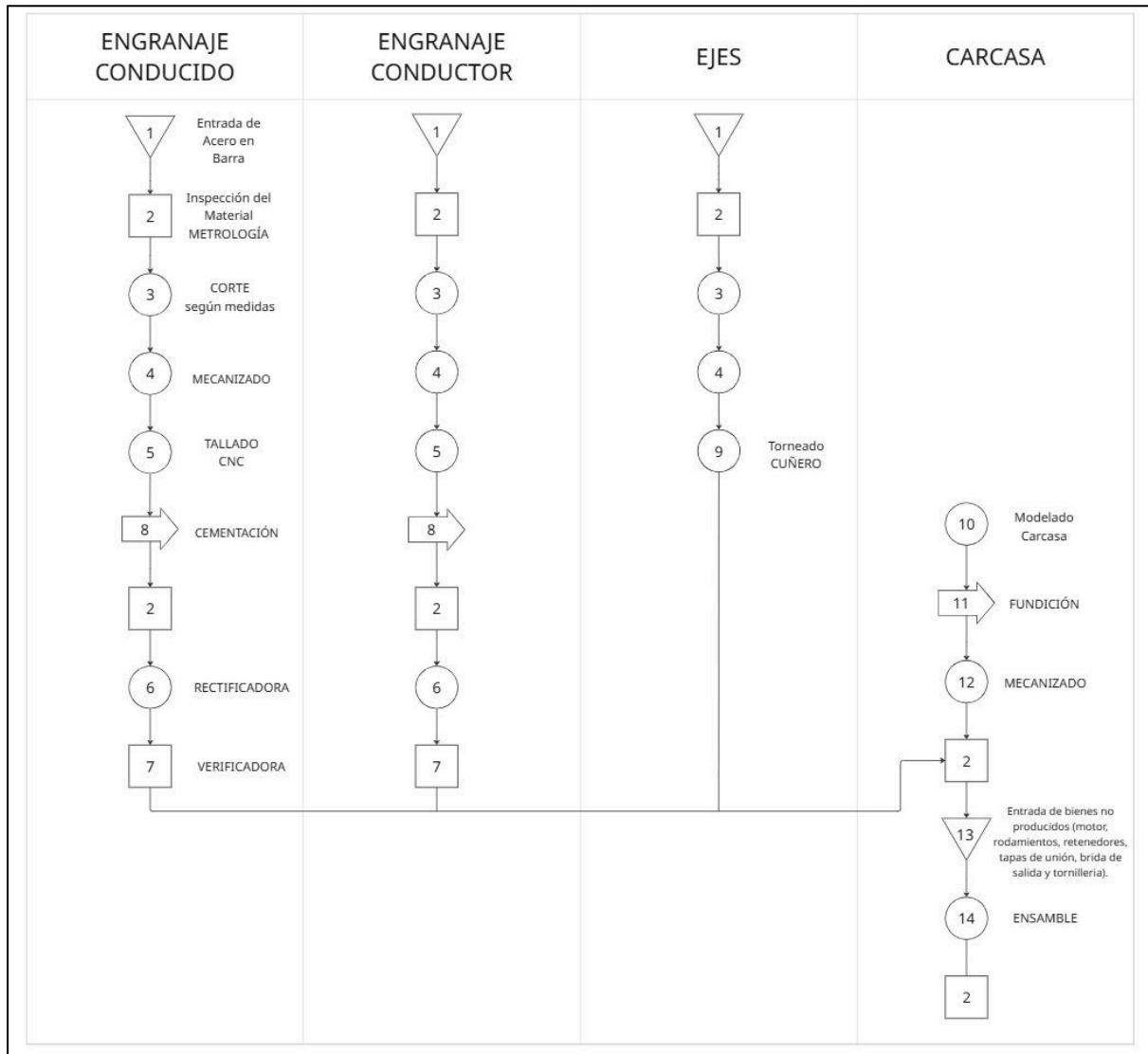
Engranajes Helicoidales





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Engranajes Cónicos





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diagrama de análisis de proceso



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

No.	Operación: Fabricación Reductor Sinfín Corona	Elemento	Cantidad	Distancia	Tiempo	Simbolo					Anotaciones
			kg	m	min	○	→	D	□	▽	
1	Suministro Acero	1,63									
2	Inspeccionar				3						
3	Mover a A			2							
4	Cortar Material				5						
5	Mover a B			6							Acercar
6	Mecanizar Corona				10						
7	Mover a C			8							Acercar
8	Tallar Corona				15						
9	Mover a D			2							
10	Rectificar Dientes				5						
11	Mover a E			3							
12	Inspeccionar				10						
13	Mover a F			7							Acercar
14	Suministro Acero	0,82									
15	Inspeccionar				3						
16	Mover a G			2							
17	Cortar Material				5						
18	Mover a H			6							Acercar
19	Cilindrar Material				6						
20	Mover a I			3							
21	Tornear Tornillo Sinfín				10						
22	Mover a J			7							Acercar
23	Fresar Cuñero				5						
24	Inspeccionar				3						
25	Mover a N			17							Acercar
26	Tratar Térmicamente				600						Reducir
27	Esperar				840						Reducir
28	Inspeccionar				3						
29	Mover a F			10							Acercar
30	Suministro Faltante	6,12									
31	Mover a K			5							
32	Modelar Carcaza				120						Reducir
33	Mover a L			5							
34	Fundir Carcaza				30						
35	Esperar				1410						Reducir
36	Mover a M			5							
37	Mecanizar Carcaza				10						
38	Inspeccionar				3						
39	Mover a F			7							Acercar
40	Suministro Acero	0,51									
41	Inspeccionar				3						
42	Mover a O			2							
43	Cortar Material				5						
44	Mover a P			6							Acercar
45	Mecanizar Núcleo				15						
46	Mover a Q			3							
47	Fresar Cuñero				5						
48	Inspeccionar				3						
49	Mover a F			10							Acercar
50	Suministro Acero	0,31									
51	Inspeccionar				3						
52	Mover a R			2							
53	Cortar Material				5						
54	Mover a S			6							Acercar
55	Mecanizar Eje				8						
56	Mover a T			3							
57	Fresar Cuñero				5						
58	Inspeccionar				3						
59	Mover a F			10							Acercar
60	Ensamblar				30						
61	Inspeccionar				5						
62	Mover a Almacén			7							Acercar
	Total			144	3186	19	25	2	11	5	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Índice de acrónimos

- A:** Estación de Corte para Corona
- B:** Estación de Mecanizado para Corona
- C:** Estación de Tallado para Corona
- D:** Estación de Rectificado para Corona
- E:** Estación de Verificación
- F:** Estación de Ensamble
- G:** Estación de Corte para Sinfín
- H:** Estación de Cilindrado para Sinfín
- I:** Estación de Torneado para Sinfín
- J:** Estación de Mortajado para Sinfín
- K:** Estación de Modelado para Carcasa
- L:** Empresa de Fundición para Carcasa
- M:** Estación de Mecanizado para Carcasa
- N:** Empresa de Tratamiento Térmico para Sinfín
- O:** Estación de Corte para Núcleo de Corona
- P:** Estación de Mecanizado para Núcleo de Corona
- Q:** Estación de Mortajado para Núcleo de Corona
- R:** Estación de Corte para Eje de Salida
- S:** Estación de Mecanizado para Eje de Salida



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

T: Estación de Mortajado para Eje de Salida

Para transmisión G00 G04

Masa Promedio Engranaje: 1.6 kg

Masa Promedio Sinfín: 0.8 kg

Masa Carcasa: 6 kg

Factor de Prevención: 2%

Esperas de 1 día para procesos subcontratados

Tiempos de ciclo

Para calcular el tiempo total de operaciones sumamos las 4 jornadas de 10 horas y la jornada de 9 horas del viernes.

$$T_t = 4 * 10 + 9 = 49 \text{ h/semana}$$

Restamos la hora de almuerzo diaria y la pausa y el break diario de 15 minutos cada uno como tiempos de inactividad planeados.

$$T_{ip} = 5 + 0.5 * 5 = 7.5 \text{ h/semana}$$

$$T_{ep} = 49 - 7.5 = 41.5 \text{ h/semana}$$

Suponemos que tienen 6 horas de inactividad no planeada al mes.

$$T_{np} = \frac{6}{49*4} = 0.03 \text{ h/semana}$$

$$T_{er} = 41.5 - 0.03 = 41.47 \text{ h/semana}$$

Con los tiempos dados calculamos el Takt Time de la fábrica

$$Takt = \frac{41.47*60 \text{ min}}{50} = 49.76 \text{ min}$$

Con este Takt Time, el ritmo de producción debe ser:

$$R_p = \frac{60}{49.76} = 1.21 \text{ und/min}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

El tiempo de alistamiento de la estación crítica dura 40 minutos.

$$T_{su_{max}} = 40 \text{ min}$$

Para calcular el tiempo de ciclo máximo, primero calculamos el tiempo de fabricación de todo el lote con nuestro Takt Time deseado y luego le restamos el tiempo de alistamiento.

$$T_b = 50 * 49.76 \text{ min} = 2488 \text{ min}$$

$$T_{c_{max}} = \frac{2488 - 40}{50} = 48.96 \text{ min}$$

Calculamos el MLT de todo el lote, teniendo en cuenta que la fabricación del sínfin, la corona y la carcasa se hacen en paralelo y por ende el tiempo empleado será la suma del tiempo de ensamblaje más la suma de la ruta crítica de los tiempos de espera, de los tiempos en desplazamientos que se aproximan como 1 minuto por cada metro y de los tiempos de ciclo de cada estación:

Para Corona

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 8 + 2 + 3 + 7 = 28 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 10 + 15 + 5 + 10 = 48 \text{ min}$$

$$T_T = 28 + 48 = 76 \text{ min}$$

Para Sínfin

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 3 + 7 + 17 + 10 + 840 = 885 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 6 + 10 + 5 + 3 + 600 + 3 = 635 \text{ min}$$

$$T_T = 885 + 635 = 1520 \text{ min}$$

Para Carcasa

$$T_{no_T} = 5 + 5 + 5 + 7 + 1410 = 1432 \text{ min}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

$$T_{c_T} = 120 + 30 + 10 + 3 = 163 \text{ min}$$

$$T_T = 1432 + 163 = 1595 \text{ min}$$

Para Núcleo

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 3 + 10 = 21 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 15 + 5 + 3 = 31 \text{ min}$$

$$T_T = 21 + 31 = 52 \text{ min}$$

Para Eje

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 3 + 10 = 21 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 8 + 5 + 3 = 24 \text{ min}$$

$$T_T = 21 + 24 = 45 \text{ min}$$

MLT Total

$$MLT_{50} = 40 + 1595 + 30 + 5 + 7 + 5 * 49 = 1922 \text{ min}$$

MLT Total Excluyendo Carcasa

$$MLT_{50} = 40 + 1520 + 30 + 5 + 7 + 5 * 49 = 1847 \text{ min}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

No.	Operación: Fabricación Reductor Helicoidal							Anotaciones		
	Elemento	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo					
		kg	m	min	○	→	D	□	▽	
1	Suministro Acero	7,65								
2	Inspeccionar			3						
3	Mover a A		2							
4	Cortar Material			5						
5	Mover a B		6							Acercar
6	Mecanizar Rueda			15						
7	Mover a C		8							Acercar
8	Tallar Rueda			15						
9	Mover a D		2							
10	Rectificar Dientes			5						
11	Mover a E		3							
12	Inspeccionar			10						
13	Mover a F		7							Acercar
14	Suministro Acero	0,92								
15	Inspeccionar			3						
16	Mover a G		2							
17	Cortar Material			5						
18	Mover a H		6							Acercar
19	Mecanizar Piñón			10						
20	Mover a I		8							
21	Tallar Piñón			15						
22	Mover a J			17						Acercar
23	Tratar Térmicamente			600						Reducir
24	Esperar			840						Reducir
25	Inspeccionar			7						
26	Mover a D		12							Acercar
27	Rectificar Dientes			5						
28	Mover a E		3							
29	Inspeccionar			10						
30	Mover a F		7							Acercar
31	Suministro Faltante	6,12								
32	Mover a K		5							
33	Modelar Carcaza			120						Reducir
34	Mover a L		5							
35	Fundir Carcaza			30						
36	Esperar			1410						Reducir
37	Mover a M		5							
38	Mecanizar Carcaza			10						
39	Inspeccionar			3						
40	Mover a F		7							Acercar
41	Suministro Acero	0,31								
42	Inspeccionar			3						
43	Mover a N		2							
44	Cortar Material			5						
45	Mover a O		6							Acercar
46	Mecanizar Eje			8						
47	Mover a P		3							
48	Fresar Cuñero			5						
49	Inspeccionar			3						
50	Mover a F		10							Acercar
51	Ensamblar			30						



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Índice de acrónimos

- A:** Estación de Corte para Rueda
- B:** Estación de Mecanizado para Rueda
- C:** Estación de Tallado para Rueda
- D:** Estación de Rectificado para Dientes
- E:** Estación de Verificación
- F:** Estación de Ensamble
- G:** Estación de Corte para Piñón
- H:** Estación de Mecanizado para Piñón
- I:** Estación de Tallado para Piñón
- J:** Empresa de Tratamiento Térmico
- K:** Estación de Modelado para Carcasa
- L:** Empresa de Fundición para Carcasa
- M:** Estación de Mecanizado para Carcasa
- N:** Estación de Corte para Ejes
- O:** Estación de Mecanizado para Ejes
- P:** Estación de Mortajado para Ejes

Para transmisión 22H G04

Masa Promedio Piñón: 0.9 kg

Masa Promedio Rueda: 7.5 kg



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Masa Promedio Buje: 0.5 kg

Masa Promedio Eje: 0.3 kg

Masa Carcasa: 6 kg

Factor de Prevención: 2%

Esperas de 1 día para procesos subcontratados

Tiempos de Ciclo

Como la demanda al mes de motorreductores helicoidales es la misma que la de los sifines corona y la fábrica cuenta con el mismo tiempo de actividad, el Takt Time se mantiene.

$$Takt = \frac{41.47 * 60 \text{ min}}{50} = 49.76 \text{ min}$$

Con este Takt Time, el ritmo de producción debe ser:

$$R_p = \frac{60}{49.76} = 1.21 \text{ und/min}$$

El tiempo de ciclo máximo se calcula de la misma forma que con los sifines corona:

$$T_b = 50 * 49.76 \text{ min} = 2488 \text{ min}$$

$$T_{c_{max}} = \frac{2488 - 40}{50} = 48.96 \text{ min}$$

Calculamos el MLT de todo el lote, teniendo en cuenta que la fabricación de ambos engranajes helicoidales, el eje y la carcasa se hacen en paralelo y por ende el tiempo empleado será la suma del tiempo de ensamblaje más la suma de la ruta crítica de los tiempos de espera, de los tiempos en desplazamientos que se aproximan como 1 minuto por cada metro y de los tiempos de ciclo de cada estación:

Para Piñón



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 8 + 17 + 12 + 3 + 7 + 840 = 895 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 10 + 15 + 600 + 7 + 5 + 10 = 655 \text{ min}$$

$$T_T = 895 + 655 = 1550 \text{ min}$$

Para Rueda

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 8 + 2 + 3 + 7 = 28 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 15 + 15 + 5 + 10 = 53 \text{ min}$$

$$T_T = 28 + 53 = 81 \text{ min}$$

Para Carcasa

$$T_{no_T} = 5 + 5 + 5 + 7 + 1410 = 1432 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 120 + 30 + 10 + 3 = 163 \text{ min}$$

$$T_T = 1432 + 163 = 1595 \text{ min}$$

Para Eje

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 3 + 10 = 21 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 8 + 5 + 3 = 24 \text{ min}$$

$$T_T = 21 + 24 = 45 \text{ min}$$

MLT Total

$$MLT_{50} = 40 + 1595 + 30 + 5 + 7 + 5 * 49 = 1922 \text{ min}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

MLT Total Excluyendo Carcasa

$$MLT_{50} = 40 + 1550 + 30 + 5 + 7 + 5 * 49 = 1877 \text{ min}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

No.	Operación: Fabricación Reductor Cónico							Anotaciones
	Elemento	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo			
	kg	m	min	○	→	D	□	▽
1	Suministro Acero	6,12						
2	Inspeccionar			3				
3	Mover a A		2					
4	Cortar Material			5				
5	Mover a B		6					
6	Mecanizar Rueda			15				
7	Mover a C		8					
8	CNC Dientes Rueda			30				
9	Mover a I		17					
10	Tratar Térmicamente			600				
11	Esperar			840				
12	Inspeccionar			7				
13	Mover a D		12					
14	Rectificar Dientes			5				
15	Mover a E		3					
16	Inspeccionar			10				
17	Mover a F		7					
18	Suministro Acero	1,43						
19	Inspeccionar			3				
20	Mover a G		2					
21	Cortar Material			5				
22	Mover a H		6					
23	Mecanizar Piñón			10				
24	Mover a C		8					
25	CNC Dientes Piñón			30				
26	Mover a I		17					
27	Tratar Térmicamente			600				
28	Esperar			840				
29	Inspeccionar			7				
30	Mover a D		12					
31	Rectificar Dientes			5				
32	Mover a E		3					
33	Inspeccionar			10				
34	Mover a F		7					
35	Suministro Faltante	6,12						
36	Mover a J		5					
37	Modelar Carcaza			120				
38	Mover a K		5					
39	Fundir Carcaza			30				
40	Esperar			1410				
41	Mover a L		5					
42	Mecanizar Carcaza			10				
43	Inspeccionar			3				
44	Mover a F		7					
45	Suministro Acero	1,43						
46	Inspeccionar			3				
47	Mover a M		2					
48	Cortar Material			5				
49	Mover a N		6					
50	Mecanizar Eje			8				
51	Mover a O		3					



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Índice de acrónimos

- A:** Estación de Corte para Rueda
- B:** Estación de Mecanizado para Rueda
- C:** Estación de CNC para Tallado de Dientes
- D:** Estación de Rectificado para Dientes
- E:** Estación de Verificación
- F:** Estación de Ensamble
- G:** Estación de Corte para Piñón
- H:** Estación de Mecanizado para Piñón
- I:** Empresa de Tratamiento Térmico
- J:** Estación de Modelado para Carcasa
- K:** Empresa de Fundición para Carcasa
- L:** Estación de Mecanizado para Carcasa
- M:** Estación de Corte para Ejes
- N:** Estación de Mecanizado para Ejes
- O:** Estación de Mortajado para Ejes

Para transmisión RC 12 relación 2:1

Masa Promedio Piñón: 1.4 kg

Masa Promedio Rueda: 6.0 kg

Masa Promedio Buje: 0.5 kg



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Masa Promedio Eje: 1.4 kg

Masa Carcasa: 6 kg

Factor de Prevención: 2%

Esperas de 1 día para procesos subcontratados

Tiempos de Ciclo

En este caso, como la demanda de motorreductores cónicos es la mitad que la de los sifines corona y la fábrica cuenta con el mismo tiempo de actividad, el Takt Time aumenta al doble.

$$Takt = \frac{41.47 * 60 \text{ min}}{25} = 99.53 \text{ min}$$

Con este Takt Time, el ritmo de producción debe ser:

$$R_p = \frac{60}{99.53} = 0.60 \text{ und/min}$$

El tiempo de ciclo máximo se calcula de la misma forma que con los sifines corona:

$$T_b = 25 * 99.53 \text{ min} = 2488 \text{ min}$$

$$T_{c_{max}} = \frac{2488 - 40}{25} = 97.92 \text{ min}$$

Calculamos el MLT de todo el lote, teniendo en cuenta que la fabricación de ambos engranajes cónicos, el eje y la carcasa se hacen en paralelo y por ende el tiempo empleado será la suma del tiempo de ensamblaje más la suma de la ruta crítica de los tiempos de espera, de los tiempos en desplazamientos que se aproximan como 1 minuto por cada metro y de los tiempos de ciclo de cada estación:

Para Piñón

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 8 + 17 + 12 + 3 + 7 + 840 = 895 \text{ min}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 10 + 30 + 600 + 7 + 5 + 10 = 670 \text{ min}$$

$$T_T = 895 + 670 = 1565 \text{ min}$$

Para Rueda

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 8 + 17 + 12 + 3 + 7 + 840 = 895 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 15 + 30 + 600 + 7 + 5 + 10 = 675 \text{ min}$$

$$T_T = 895 + 675 = 1570 \text{ min}$$

Para Carcasa

$$T_{no_T} = 5 + 5 + 5 + 7 + 1410 = 1432 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 120 + 30 + 10 + 3 = 163 \text{ min}$$

$$T_T = 1432 + 163 = 1595 \text{ min}$$

Para Eje

$$T_{no_T} = 2 + 6 + 3 + 10 = 21 \text{ min}$$

$$T_{c_T} = 3 + 5 + 8 + 5 + 3 = 24 \text{ min}$$

$$T_T = 21 + 24 = 45 \text{ min}$$

MLT Total

$$MLT_{25} = 40 + 1595 + 30 + 5 + 7 + 5 * 24 = 1797 \text{ min}$$

MLT Total Excluyendo Carcasa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

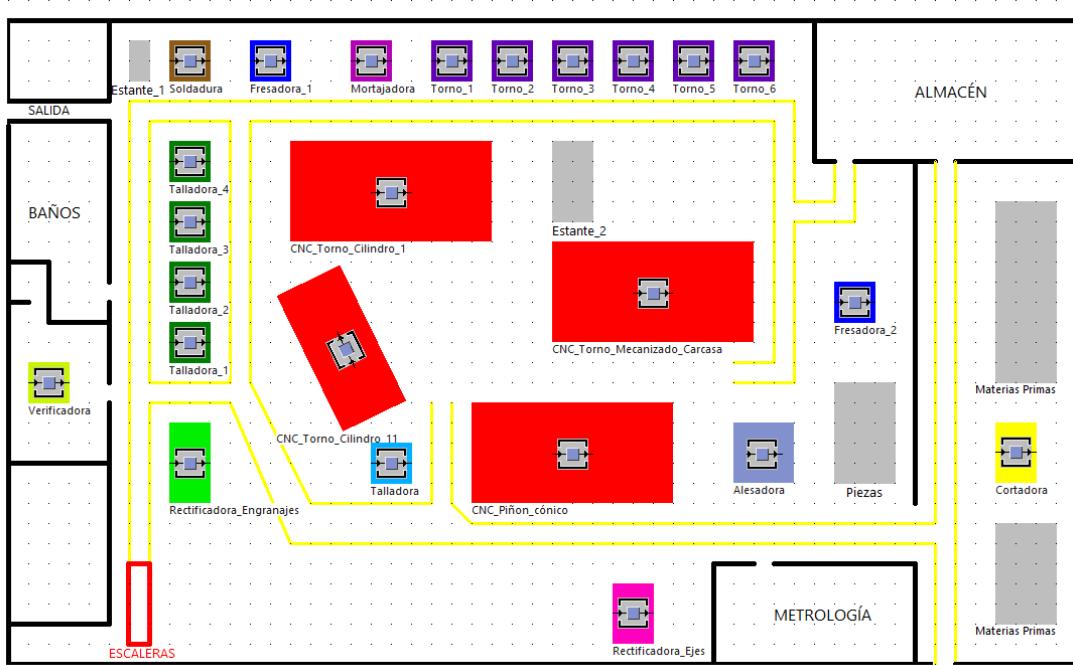
$$MLT_{25} = 40 + 1570 + 30 + 5 + 7 + 5 * 24 = 1772 \text{ min}$$

Layout (distribución de planta actual)

Layout 2D Nivel 1



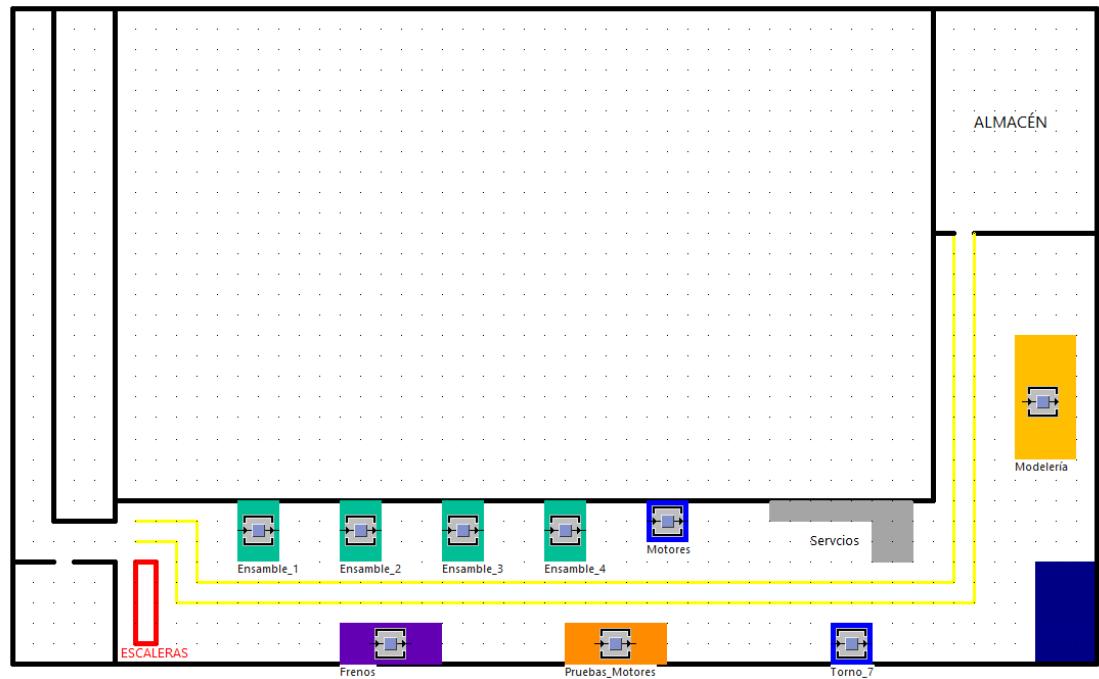
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



Layout 2D Nivel 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

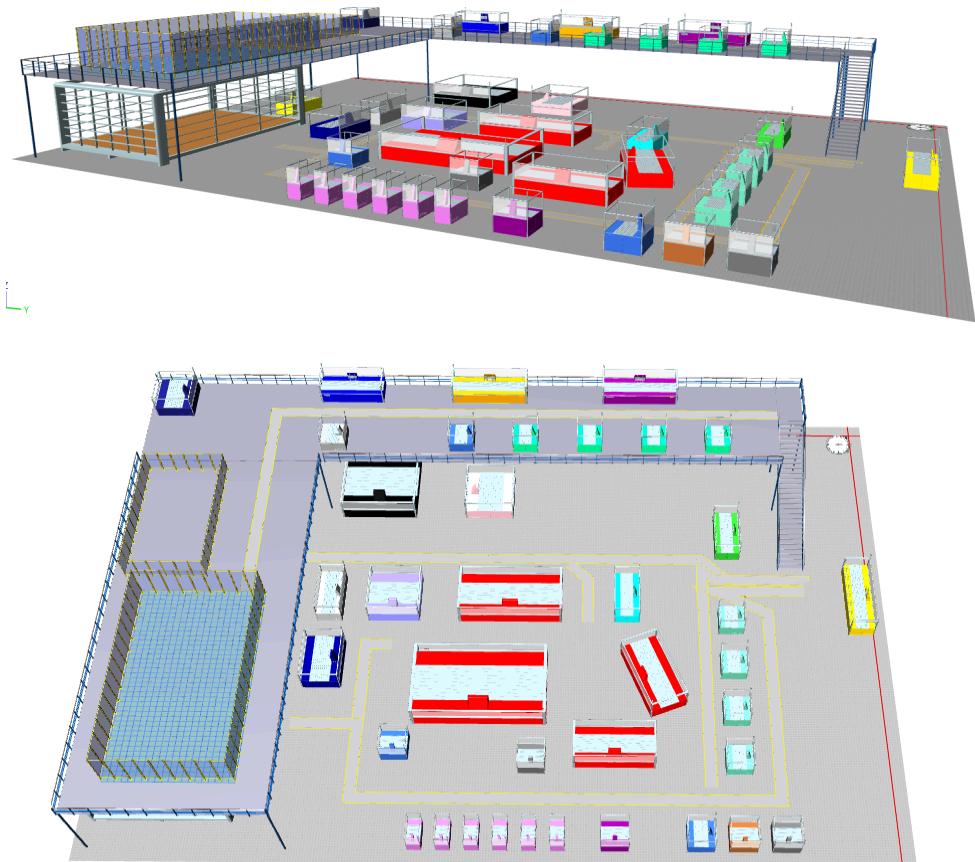


Layout 3D vista general





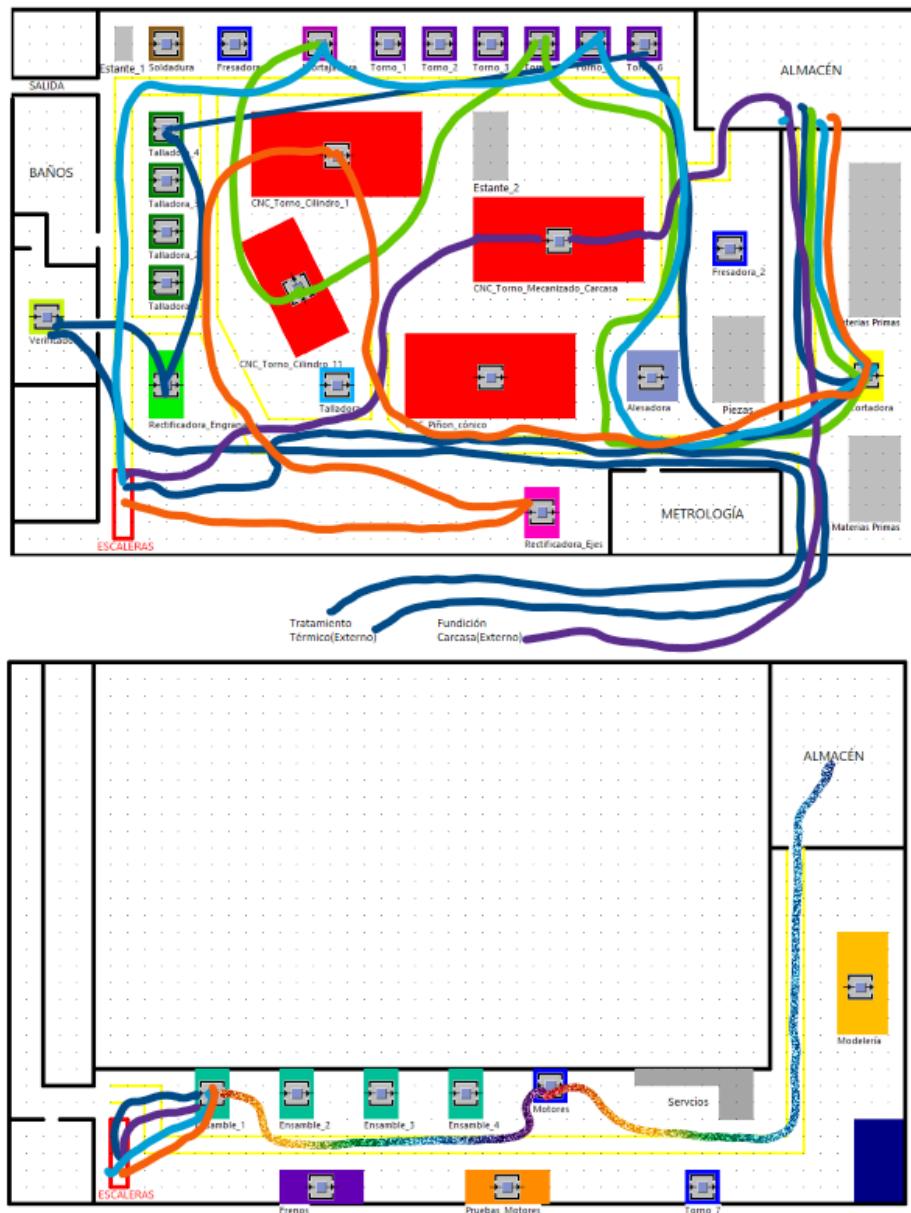
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diagrama de Espagueti Reductor Sinfín-Corona (flujo físico de materiales)



- Color azul oscuro corona

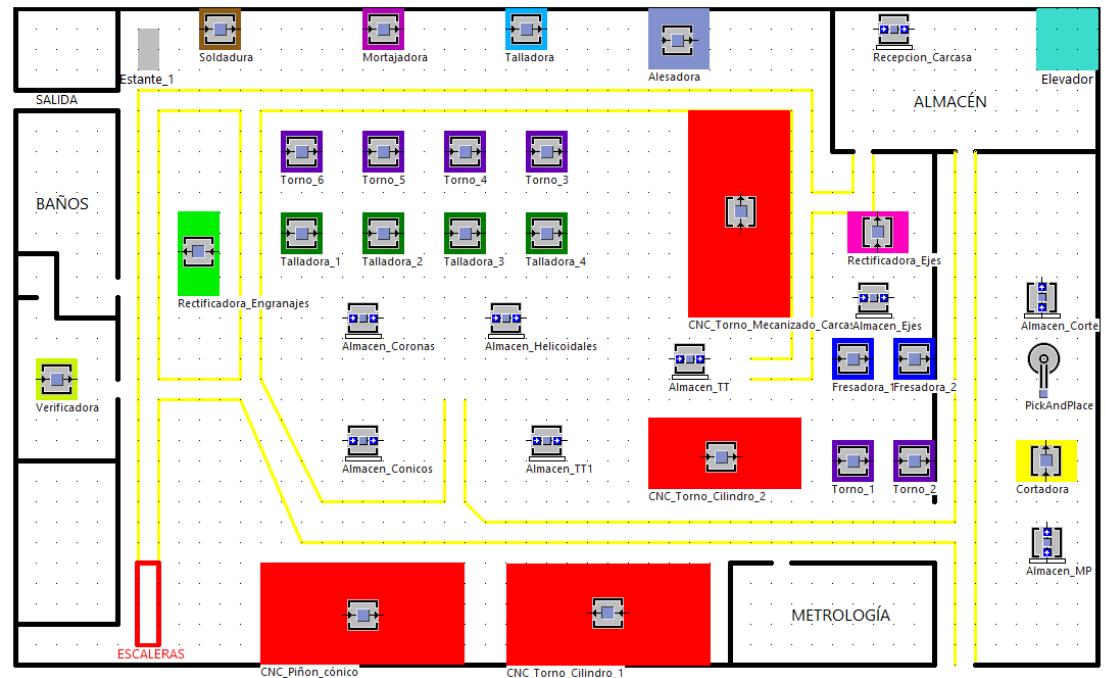


UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

- Color verde sínfin
- Color morado carcasa
- Color azul claro núcleo
- Color naranja Eje de salida
- Color arcoíris ensamblé

Layout (Propuesta de distribución de planta)

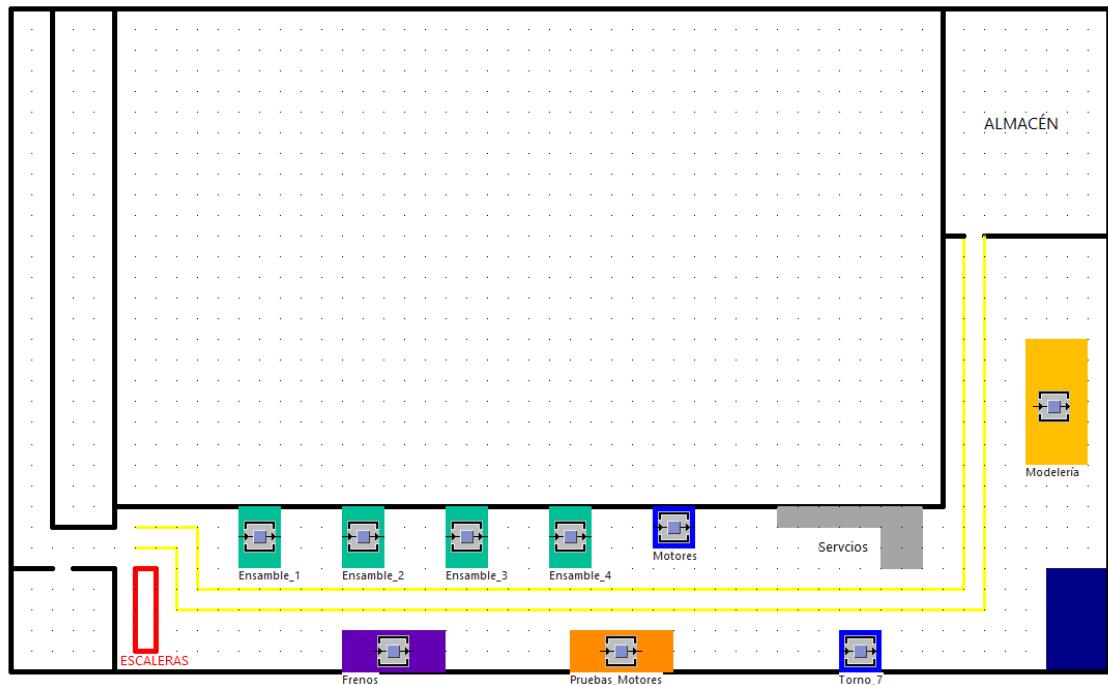
Layout 2D Nivel 1



Layout 2D Nivel 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA





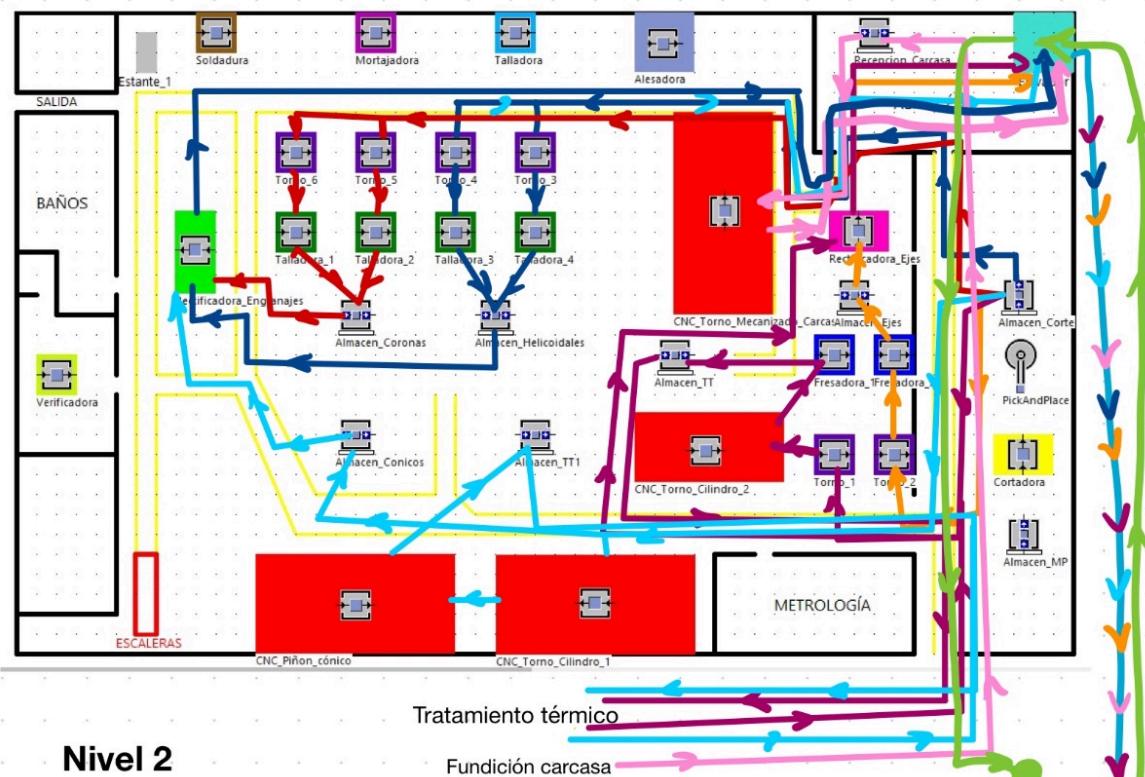
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diagrama de Espaguetti Propuesta de automatización (flujo físico de materiales)

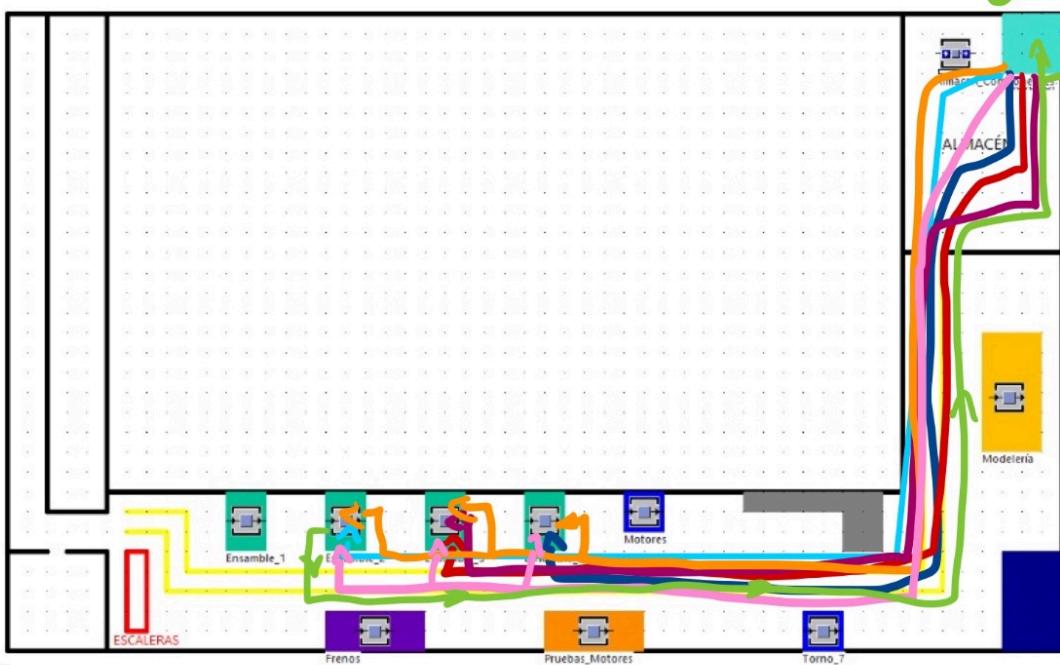


UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Nivel 1



Nivel 2





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

- **Tornillo sínfin**
- **Carcasas**
- **Engranaje - Cónico**
- **Ejes de salida**
- **Engranaje - Helicoidal**
- **Engranaje - Corona**
- **Rodamientos, anillos retenedores, tapas de unión, Brida de salida y tornillería**

Diagrama VSM (Value Stream Mapping)

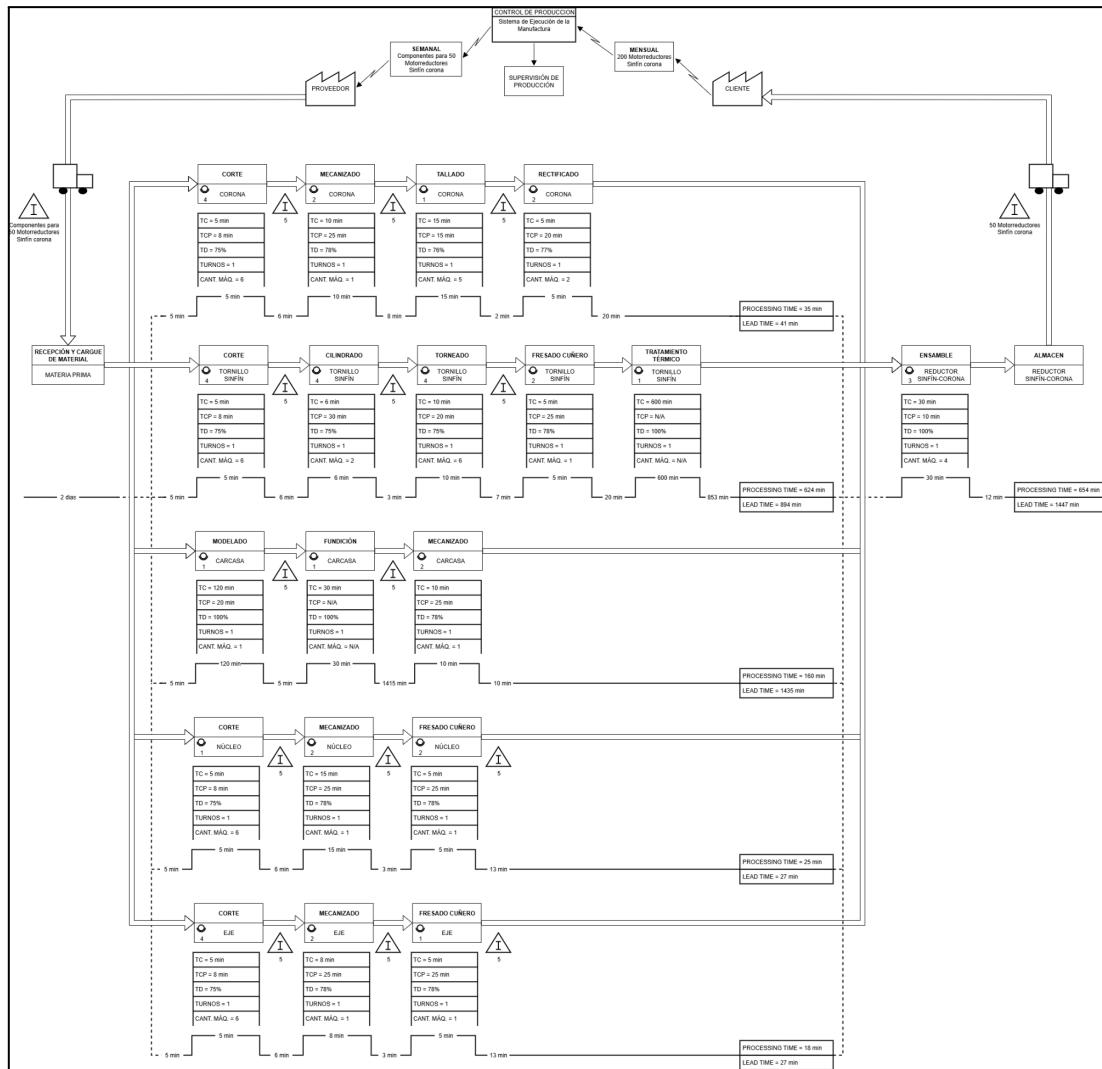
A continuación se presentan los diagramas VSM, los cuales representan el mapa del flujo de valor de los procesos productivos. Estos diagramas permiten visualizar de manera clara las etapas por las que pasa el producto, identificando tanto las actividades que generan valor como aquellas que no lo hacen. En este caso, se elaboraron los VSM correspondientes a la producción de los tres tipos de motorreductores solicitados, adaptándolos a la capacidad de producción y al estado operativo actual de la empresa RAMFE.

1. Antes de automatizar

a. Engranaje Sínfin corona



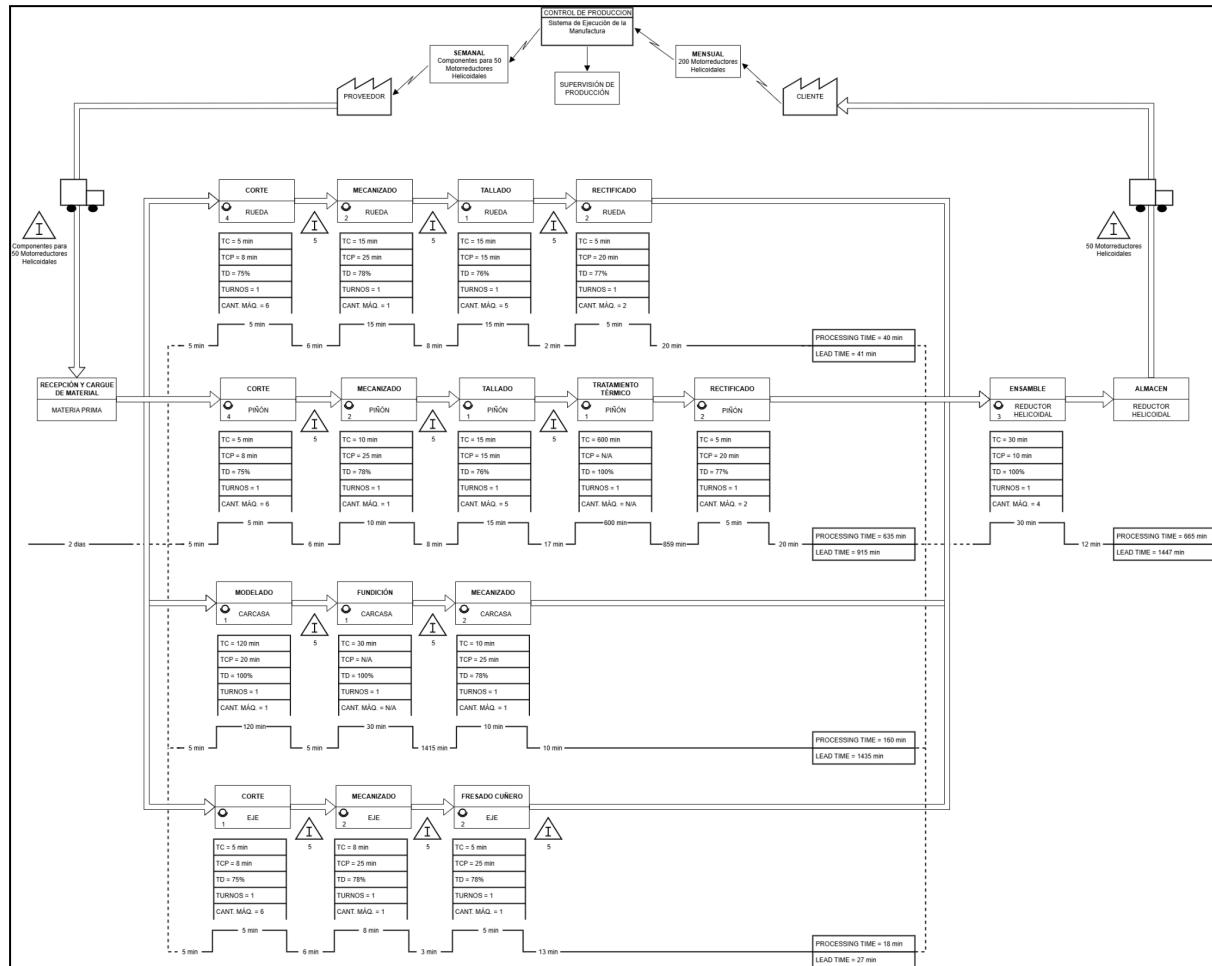
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



b. Engranaje Helicoidales



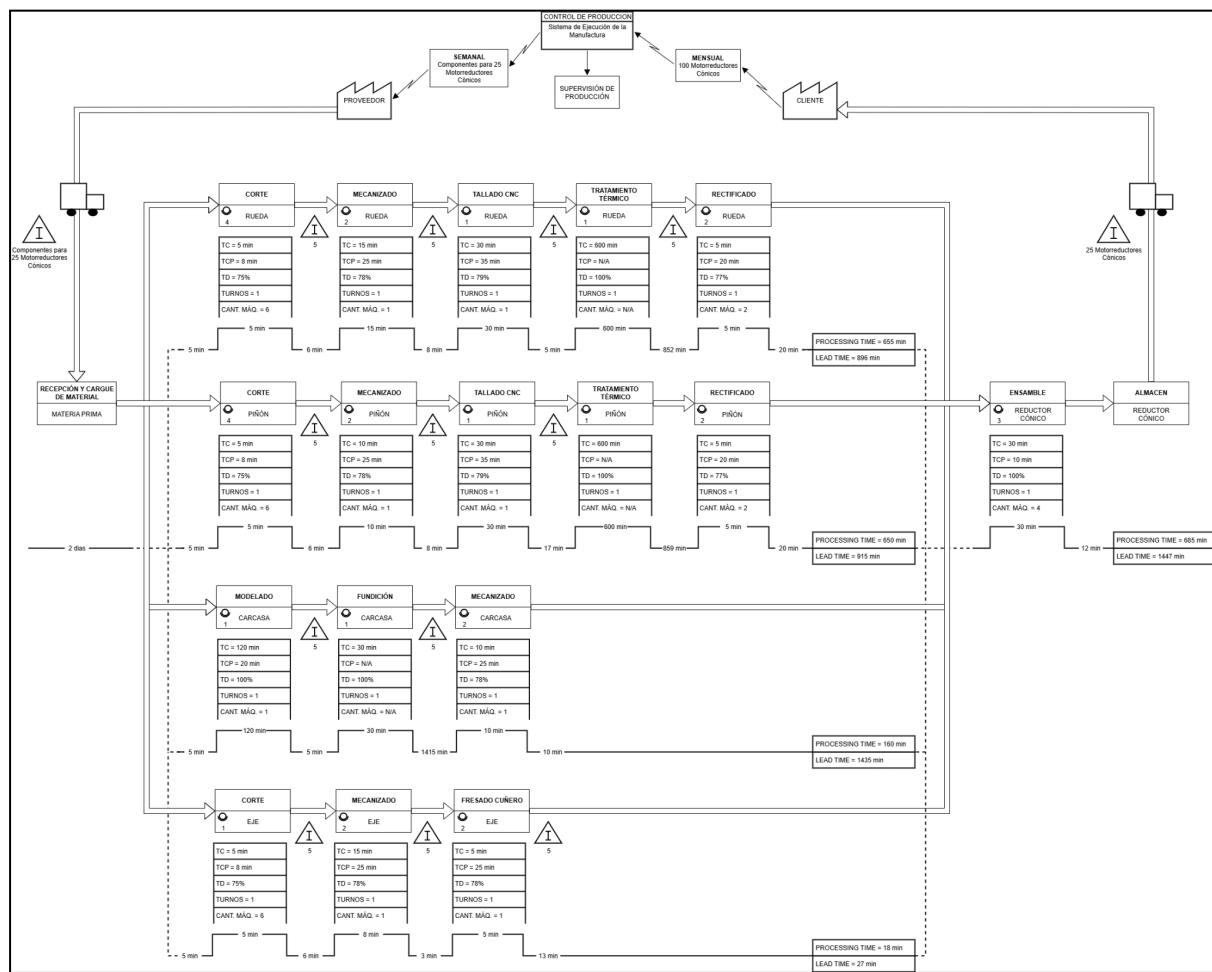
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

c. Engranajes Cónicos





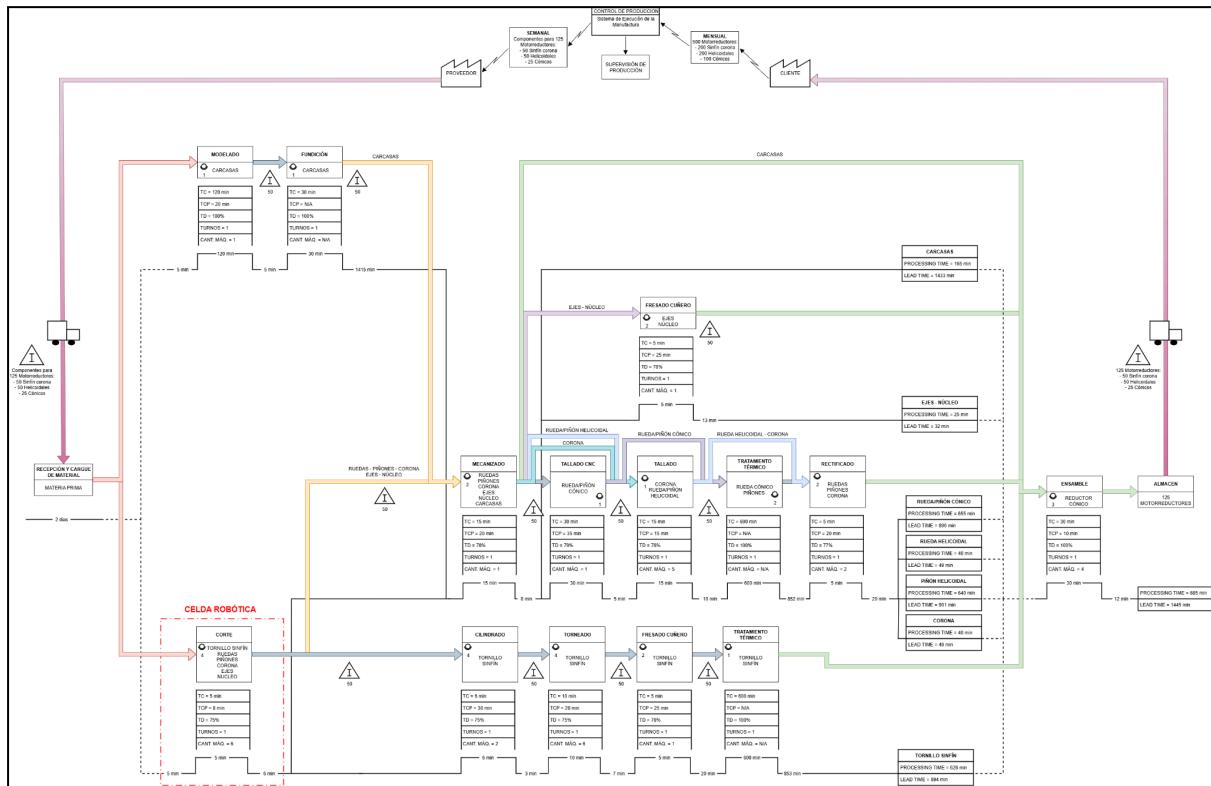
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

2. Después de automatizar

A continuación se presenta el diagrama VSM elaborado después de la reorganización de procesos y la implementación de la automatización y la celda robótica. En este nuevo esquema se integran los tres procesos dentro de un mismo diagrama, permitiendo observar con mayor facilidad la secuencia de operaciones, su relación entre sí y los posibles cuellos de botella. Además, se emplea un sistema de colores para facilitar la visualización: el color rosado representa los movimientos externos, el rojo corresponde a la materia prima, el verde indica el producto terminado o pendiente únicamente de ensamblaje, y los demás colores se utilizan para distinguir la convergencia o divergencia de los flujos hacia las estaciones.



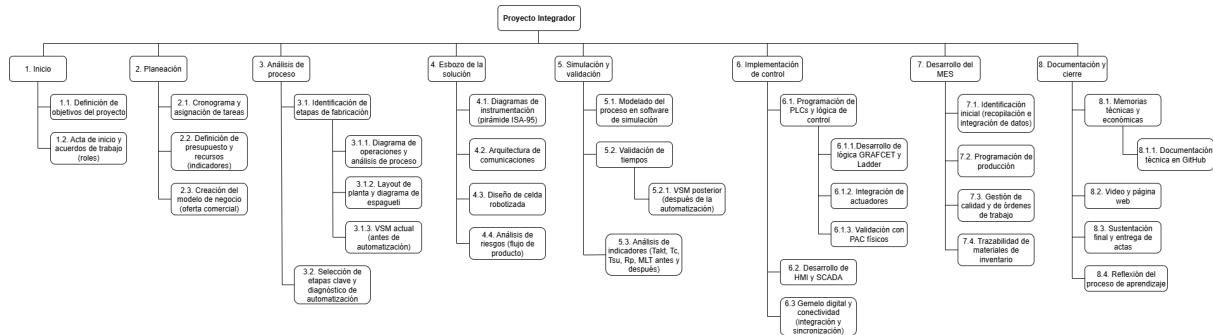
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



Para mayor detalle de las actividades expuestas en el EDT, se recomienda la visualización del diccionario del EDT, donde se observa los entregables por etapas, los ejecutores y el tiempo establecido para cada actividad.

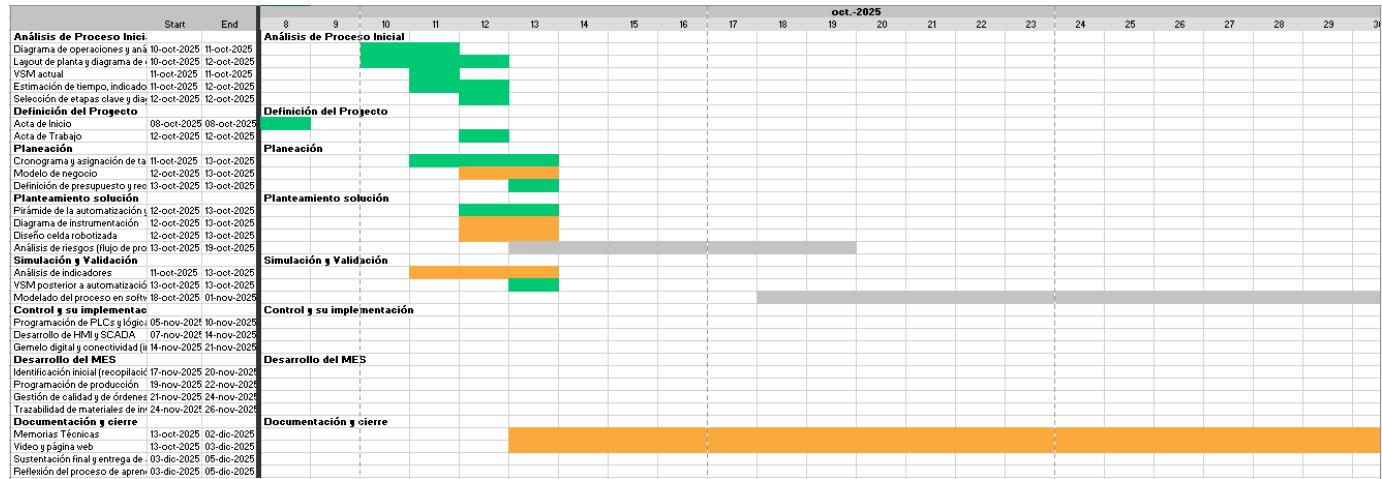
Cronograma del proyecto

Para garantizar el desarrollo exitoso del proyecto, fue fundamental contar con una adecuada estructuración y seguimiento de las actividades. Para ello, se empleó Monday.com, una herramienta de gestión de tareas que permite asignar responsabilidades, definir cronogramas y monitorear el estado de cada actividad (completada, en curso, detenida o no iniciada).

Esta plataforma ofrece además diversas funcionalidades complementarias, como la generación de gráficos personalizados, el diagrama de Gantt, y tableros Kanban para visualizar el progreso de las tareas, entre muchas otras opciones. A través del hipervínculo disponible se puede consultar el [cronograma](#) completo del proyecto.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



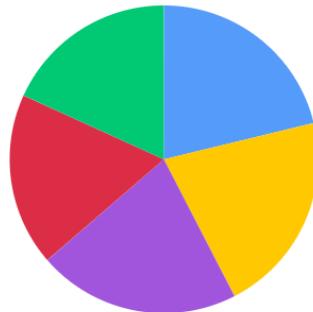
Estado de Tareas ▾

... Distribución entre miembros ▾

...



● Listo: 39.3%
● No iniciado: 39.3%
● En curso: 21.4%



● Samuel Aleja... : 21.2%
● Juan Manuel ... : 21.2%
● DC David Camilo... : 21.2%
● Isabella Men... : 18.2%
● Andrés Santi... : 18.2%

Presupuesto e indicadores preliminares

Respecto al presupuesto e indicadores preliminares del proyecto, se presenta un análisis detallado del presupuesto de adquisiciones, el cual comprende los diferentes componentes que conforman la celda de automatización, así como los costos asociados a su implementación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Presupuesto de Adquisiciones Estimado		
Concepto	Descripción breve	Costo estimado (Millones de COP)
Brazo robótico ABB IRB 2600 + Controlador IRC5 + Gripper	Robot de 6 ejes para manipulación y ensamblaje.	130
Cortadora programable con cinta transportadora	Sistema automático de corte de materia prima.	80
Transporte internacional y seguro	Envío marítimo + seguro (5-7 %)	24.5
Arancel e IVA de importación	Arancel (10 %) + IVA (19 %) aplicados sobre CIF	27.91
Reorganización de planta	Adecuación eléctrica, neumática y estructural.	40
Integración y software MES/SCADA	Control digital, trazabilidad e integración IoT.	25
Capacitación y puesta en marcha	Entrenamiento de operarios, calibración inicial.	10
Transporte local e instalación de equipos	Traslado, montaje y ajustes iniciales.	10
Imprevistos (5%)	Reserva técnica y financiera.	17.37
Total Inversión Inicial		364.78

Adicionalmente, se presentan los costos operativos asociados al funcionamiento de la celda de automatización, junto con la estimación de los beneficios anuales esperados a partir de su implementación.

Costos Operativos Anuales	
Concepto	Costo estimado (Millones de COP)
Mantenimiento preventivo robot y sistemas	15
Energía eléctrica adicional (operación automatizada)	10
Software (licencias, soporte técnico)	5
Total	30

Beneficios Anuales Estimados	
Concepto	Costo estimado (Millones de COP)
Reducción de mano de obra (1-2 operarios/turno)	60
Reducción de tiempos de producción y cambios	20
Disminución de desperdicio de material	20
Total	100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

A partir de lo anteriormente expuesto, se presenta el flujo de caja proyectado para un horizonte de 9 años, junto con su gráfico e indicadores financieros principales. Considerando una tasa de descuento del 10%, se obtiene un Valor Presente Neto (VPN) de 38,4 millones de COP, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12,59%, un Retorno sobre la Inversión (ROI) del 10,51% y un periodo de recuperación (Payback) cercano a 5,2 años, valores que evidencian la rentabilidad y viabilidad económica de la propuesta de automatización a implementar.

Flujo de Caja					
Año	Ingresos/Beneficios (Millones COP)	Costos Operativos (Millones COP)	Flujo Neto Anual (Millones COP)	Flujo Acumulado (Millones COP)	
0	\$ -	\$ (364.78)	\$ (364.78)	\$ (364.78)	
1	\$ 100.00	\$ (30.00)	\$ 70.00	\$ (294.78)	
2	\$ 100.00	\$ (30.00)	\$ 70.00	\$ (224.78)	
3	\$ 100.00	\$ (30.00)	\$ 70.00	\$ (154.78)	
4	\$ 100.00	\$ (30.00)	\$ 70.00	\$ (84.78)	
5	\$ 100.00	\$ (30.00)	\$ 70.00	\$ (14.78)	
6	\$ 100.00	\$ (30.00)	\$ 70.00	\$ 55.22	
7	\$ 100.00	\$ (30.00)	\$ 70.00	\$ 125.22	
8	\$ 100.00	\$ (30.00)	\$ 70.00	\$ 195.22	
9	\$ 100.00	\$ (30.00)	\$ 70.00	\$ 265.22	

