



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ingeniería

Departamento de Electrónica

Introducción a proyectos 86.14/66.12

Trabajo Práctico

Proyecto: RTU para Telemetría Inalámbrica

19 de octubre de 2021

KUO, Cristina	97777	cristinaa.kuo@gmail.com
LANDLER, Brian	98236	brianlandler@gmail.com
QUIROGA, Luis	96337	quirogaluistomas@gmail.com
ROVITO, Juan F.	84948	jfrovito@gmail.com

Índice

1. Trabajo Práctico 1	4
1.1. Necesidad Detectada	4
1.1.1. Descripción de la necesidad detectada	4
1.1.2. Fundamentación de la observación	4
1.1.3. Posibles compradores	4
1.1.4. Motivación para comprarlo	5
1.1.5. Usabilidad	5
1.1.6. Conclusiones parciales	5
1.2. Descripción del producto	6
1.2.1. Funcionalidades básicas	6
1.2.2. Lineamientos generales	7
1.2.3. Conclusiones parciales	7
1.3. Análisis de Mercado y Competencia	8
1.3.1. Antecedentes de productos similares	8
1.3.2. Evolución tecnológica	8
1.3.3. Competencia	8
1.3.4. Conclusiones parciales	9
1.4. Canales de Comercialización	10
1.4.1. Venta del producto y distribución	10
1.4.2. Caracterización del consumidor	10
1.4.3. Propuesta comercial	10
1.4.4. Estimación del mercado local, regional e internacional	11
1.4.5. Conclusiones parciales	11
1.5. Estimación de Target de Precio, de Volúmenes de Venta y Ciclo de Vida	12
1.5.1. Precio tentativo de venta	12
1.5.2. Participación en el mercado	12
1.5.3. Estimación de volúmenes de venta	12
1.5.4. Ciclo de vida	12
1.5.5. Introducción en el mercado	12
1.5.6. Obsolescencia	12
1.5.7. Conclusiones parciales	13
2. Trabajo Práctico 2	14

2.1. Desarrollo de la Casa de la Calidad	14
2.1.1. Descripción de los requerimientos del cliente	14
2.1.2. Descripción de las especificaciones de diseño	15
2.1.3. Matriz de planeamiento	15
2.1.4. Matriz de interrelación	16
2.1.5. Benchmarking	17
2.1.6. Matriz de correlaciones técnicas	18
2.1.7. Conclusiones parciales	19
2.2. Establecimiento de una Especificación Técnica	19
2.2.1. Especificación técnica de ventas	19
2.2.2. Especificación técnica de ingeniería	20
3. Trabajo Práctico 3	21
3.1. Planeamiento	21
3.1.1. Marco teórico y descripción del trabajo a realizar	21
3.1.2. Listado de las tareas	21
3.1.3. Tabla de duración estimada de las tareas	23
3.1.4. Tabla de precedencia de las tareas	24
3.1.5. Camino crítico mediante CPM	26
3.1.6. Grafo de tiempos tempranos, tardíos, el margen libre y el camino crítico	26
3.1.7. Tabla de T_O , T_{MP} , T_P , duración estimada y varianza de las tareas	28
3.1.8. Cálculo del camino crítico por Método de Propagación de Errores	30
3.1.9. Simulación de Montecarlo	30
3.1.10. Histograma de duración media de los diferentes caminos	32
3.1.11. Histograma de la frecuencia de ocurrencia en que un camino sea crítico	32
3.1.12. Curva de cantidad de ocurrencias vs. la duración del camino crítico	33
3.1.13. Caminos pseudo críticos y posibles consecuencias	33
3.1.14. Cálculo de la duración del camino crítico con un 95 % de confianza	33
3.1.15. Comparativa de los resultados hallados por los diferentes métodos	34
3.1.16. Asignación de recursos humanos y económicos	34
3.1.17. Diagrama de Gantt	36
3.1.18. Conclusiones parciales	38
3.2. Factibilidad Económica	38
3.2.1. Estimación de ciclo de vida del producto	38
3.2.2. Estimación de la inversión necesaria	38

3.2.3. Estimación de los costos directos	38
3.2.4. Estimación de los costos indirectos	38
3.2.5. Estimación del costo total de una unidad del producto	39
3.2.6. Estimación del precio de venta	39
3.2.7. Estimación de unidades vendidas durante el ciclo de vida	39
3.2.8. Estimación de los parámetros financieros	40
3.2.9. Incidencia de los Impuestos a los IIBB y a las Ganancias	40
3.2.10. Determinación del Valor Actual Neto (VAN) del proyecto	41
3.2.11. Determinación de la Tiempo de Retorno de la Inversión (TIR) del proyecto	42
3.2.12. Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto	43
3.2.13. Relaciones de Costo – Beneficio Bruto y Neto (RCBB y RCBN)	44
3.2.14. Conclusiones parciales	44
3.3. Conclusiones finales	45

1. Trabajo Práctico 1

1.1. Necesidad Detectada

1.1.1. Descripción de la necesidad detectada

La necesidad de medir se encuentra dentro de las necesidades básicas para el desarrollo de prácticamente cualquier actividad del hombre. Desde las primeras civilizaciones, con la primitiva necesidad del conteo y comparación, hasta los exigentes estándares de medición de la actualidad, donde se ampliaron los campos de aplicación, se inventaron nuevas técnicas de medición y se mejoraron las tecnologías asociadas, en un proceso continuo que parece no tener fin.

Por otro lado, el acceso a la información y la disponibilidad de la misma en forma rápida y sencilla, mediante dispositivos portables y con interfaces amigables, constituye un herramienta ampliamente valorada por las personas que hacen uso de dicha información.

Combinando ambas necesidades, la primitiva necesidad de medir y la actual necesidad del acceso a la información, nos proponemos realizar un proyecto que consista en el diseño, desarrollo, pruebas y puesta en funcionamiento de un prototipo de una **RTU¹ para Telemetría Inalámbrica**.

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema.

1.1.2. Fundamentación de la observación

Dado que se trata de una RTU, las señales que se obtienen son independientes del proceso, por lo que se puede utilizar prácticamente en cualquier actividad en donde sea necesario el monitoreo de algún parámetro físico. De esta manera, garantizamos la portabilidad de nuestro sistema a cualquier mercado de la industria.

1.1.3. Posibles compradores

Los posibles compradores del producto pueden ser aquellos dentro de los sectores productivos, de mantenimiento y gerenciales de la industria, así como eventuales compradores particulares. Algunos ejemplos:

- Industrias:
 - Ferroviaria
 - Minería
 - Oil & Gas
 - Energía
 - Agua potable y servidas
 - Frigoríficos
- Proveedores de servicios:
 - Telecomunicaciones

¹Remote Terminal Unit - Unidad Terminal Remota

- Actividad Agrícola y Ganadera
 - Acopio de granos (Silos)
 - Señalización de animales de granja.
- Retails:
 - Supermercados
- Domótica

1.1.4. Motivación para comprarlo

El principal atractivo del producto es el de la reducción de costos de equipamiento y de personal.

Además, se pueden mejorar los procesos productivos, ya que al tener más información se tiene mayor y mejor control de los mismos. Sumado a esto se puede hacer un mantenimiento preventivo y predictivo de los activos del cliente, considerando que se puede conocer su estado desde cualquier tipo de dispositivo móvil.

Finalmente, se obtiene un ahorro energético, ya que se puede alcanzar la optimización de los procesos teniendo una base de datos de mediciones y realizando un análisis del mismo.

1.1.5. Usabilidad

El RTU se instala en donde el cliente desee realizar las mediciones, y desde los dispositivos del usuario se cuenta con una aplicación web o móvil, desde el cual tiene acceso a la información recolectada y procesada, y puede realizar configuraciones.

El acceso a la información histórica sirve para mantenimiento preventivo y control.

Tendrá versatilidad en cuanto a la tecnología de comunicación, pudiéndose elegir entre módulos WiFi, GSM, Lora u otros según las características del campo de aplicación.

1.1.6. Conclusiones parciales

En el mundo en el que vivimos, con un desarrollo tecnológico cada vez más acelerado y en constante cambio, el ser humano se ve obligado a ser más eficiente en sus tareas y disminuir su consumo de energía, tanto por la salud humana como por el cuidado del ambiente. Esta solución brinda esta posibilidad en mayor o menor medida dependiendo del campo en el que se lo utilice.

1.2. Descripción del producto

El producto consiste en un dispositivo físico (hardware), una base de datos web donde se almacenará la información y aplicaciones web y móvil.



Figura 1.1 – Imagen del Producto

El dispositivo estará equipado con entradas y salidas tanto digitales como analógicas, utilizadas para la recolección de datos y accionamientos.

Contará con una interfaz de comunicación inalámbrica para la conexión con la base de datos web y con los dispositivos del usuario.

La aplicación web servirá de interfaz de usuario para el monitoreo de datos online y almacenados, así como la configuración del equipo.

La aplicación móvil tendrá un propósito similar, pero diseñado para un acceso más simple y fácil, y con la funcionalidad de notificar sobre situaciones críticas u otros eventos configurables por el usuario mediante mensajería celular.

1.2.1. Funcionalidades básicas

- Monitoreo de datos online
 - Mediante Dashboards y Widgets predefinidos
 - Posibilidad de desarrollo de animaciones a medida del usuario
- Revisión de datos históricos
 - Gráficos de tendencias
 - Reportes
- Accionamiento de salidas
 - A demanda
 - Por calendario
 - Por evento configurable

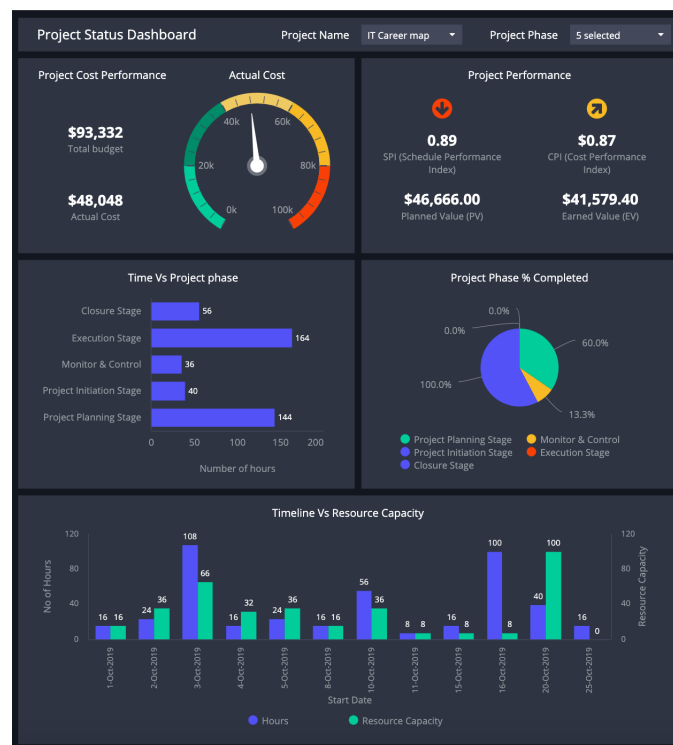


Figura 1.2 – Dashboard Ejemplo

1.2.2. Lineamientos generales

- Dimensiones: 80 x 90 x 65 mm
- Peso: 400 g
- Presentación modular
- Montaje: Tableros eléctricos, sobre riel din (no excluyente)

1.2.3. Conclusiones parciales

La combinación entre versatilidad, portabilidad y acceso remoto hacen que el producto resulte atractivo para los mercados. La limitación que muchas veces impone el acceso a internet en ciertas áreas geográficas queda relegada por la posibilidad de adaptación del módulo de comunicación.

1.3. Análisis de Mercado y Competencia

1.3.1. Antecedentes de productos similares

A lo largo de la historia se desarrollaron diferentes productos de telemetría.

Uno de los primeros dispositivos utilizados data del 1874, donde ingenieros franceses implementaron un sistema de sensores para monitorear desde París el clima y la profundidad de la nieve en la montaña Mont Blanc, ubicado a unos 630 km de distancia.

Un ejemplo de esto en la actualidad es la ampliación del Canal de Panamá, la cual es considerada como una de las obras ingenieriles principales de la historia.

Allí se propuso integrar un sistema de control y seguridad de acceso a edificios, control vehicular, alarma perimetral, sistema de detección de buques que permite la identificación de cualquier objeto flotante dentro del área operativa monitoreado por sistemas de video y grabación, red de sensores ambientales, sistemas de balizas marítimas, entre otras tecnologías de adquisición y procesamiento de datos medidos.

1.3.2. Evolución tecnológica

La telemetría se utiliza desde hace algunas décadas, pero lo más común era por radio-enlace, enlace satelital, fibra óptica o cable telefónico. Con los avances tecnológicos en materia de comunicación, si bien se siguen utilizando redes cableadas, se opta cada vez más por comunicaciones inalámbricas.

1.3.3. Competencia

Existen empresas nacionales que comercializan productos similares o realizan este tipo de proyectos, entre ellos se encuentran: *Exemys* (el más grande y abarcativo) y TSS Group, entre otros.

Exemys Equipos de telemetría en general.

- Empresa de Tecnología, dedicada a desarrollar y fabricar productos de Telemetría, Conectividad y Adquisición de variables remotas y dispersas, con una fuerte motivación en la permanente Innovación Tecnológica.

TSS Group Tecnología aplicada a la seguridad y la salud.

- Telemetría: Armado de proyectos IOT, para empresas industriales o volumen.
 - Transmisión de datos en tiempo real
 - Parámetros, estado y almacenamiento
 - Bloqueo y desbloqueo de sistemas de seguridad
- Soluciones aplicadas:
 - Oil y gas

Agrofrigoríficos
Transportes y servicios públicos
Agua potable y servidas
Servicios eléctricos
Smart city

Este último es una competencia menos directa ya que no vende un producto en sí sino que arma un proyecto de IoT para las necesidades que nosotros queremos cubrir, pero su enfoque requiere más servicio de soporte y atención personalizada.

Otros

- Termometría Argentina: Especializado en brindar soluciones en
Sistemas de detección de gases.
Control de cadena de frío.
Incendios.
Mapeo térmico en base a puntos de medición de temperatura de recintos.
- Dastec SRL: Vendedores de instrumental de medición para la industria. Abarca un amplio espectro del mercado.
- Duolink: Tecnología de sistemas de monitoreo orientado a:
Metereología
Agricultura
Ambiente
Smart Parking

1.3.4. Conclusiones parciales

Si bien existen empresas que venden productos similares y no es absolutamente innovador, es factible la introducción de este producto en los mercados, ya que brindaría competencia a la empresa que mas mercados abarca hasta el momento a nivel nacional, que es Exemys.

Nos proponemos generar una diferenciación basada en los siguientes pilares:

- **Costos y disponibilidad:** Si bien hay varios competidores extranjeros, no hay muchos desarrollos nacionales. Al ser un desarrollo nacional, pretendemos tener un precio muy competitivo y lograr generar un stock que asegure un tiempo de entrega superador frente a la opción extranjera.
- **Técnica:** Posibilidad de varios tipos de enlace con módulos intercambiables. Configuración y monitoreo 100 % inalámbrico. Expansión de entradas/salidas.

1.4. Canales de Comercialización

1.4.1. Venta del producto y distribución

La idea es dedicarse principalmente a las empresas que apliquen directamente su uso y puedan explotar la funcionalidad del producto, permitiendo así su *auto publicidad* dentro del mercado. De esta manera, podremos también tener *feedbacks* que nos permitirá seguir mejorando el producto y ampliando sus funciones o migrar a otra tecnología que derive del mismo.

Tendremos, entonces:

- Venta directa: Contaremos con un departamento de Ventas
- Distribuidores (Canal corto)
 - Casas de Electricidad
 - Casas de Electrónica
- Distribuidores (Canal largo)
 - Empresas de Automatización.
 - Empresas de Seguridad.
 - Sectores de Transporte como trenes y subtes.
 - Sector agrícola y ganadero.
 - Laboratorios de Procesos.

1.4.2. Caracterización del consumidor

Si bien no se requiere que el personal tenga conocimientos técnicos del equipo, si se requiere que tenga conocimientos generales, como ser:

- Estar informatizado
- Manejo de internet
- Manejo de dispositivos móviles (*Smart phones, Tablets*)

1.4.3. Propuesta comercial

La propuesta comercial abarca los siguientes puntos:

- Asesoramiento
- Relevamiento de la necesidad
- Venta del producto
- Servicio de instalación y configuración
- Servicio de Post-venta
 - Garantía
 - Cursos
 - Acceso a la documentación

1.4.4. Estimación del mercado local, regional e internacional

En la región de Capital Federal y Gran Buenos Aires (AMBA), nos encontramos con las pequeñas y medianas empresas que brindan servicios o soporte especializado en plantas industriales, los principales retails y proveedores de servicios, así como la industria ferroviaria.

En la Provincia de Buenos Aires y otras provincias pampeanas se encuentran las plantas industriales de procesos y grandes empresas como también el sector dedicado a la agricultura y ganadería con lo que es la región a donde más se va a apuntar para intentar distribuir el producto y fomentar su uso.

En el sur argentino podremos ubicar el producto en aplicaciones de Oil & Gas como ser pozos petroleros y de extracción de gas.

También tendremos la posibilidad de ofrecerlo para las industrias regionales del resto de las provincias y en países limítrofes donde no haya una presencia importante de empresas que comercialicen productos similares.

1.4.5. Conclusiones parciales

La idea de comercialización tiene un gran potencial dentro de la región nacional, mas allá de la frontera, habrá que competir con productos extranjeros que ya están metidos en el mercado y han ganado territorio firme desde hace mucho mas tiempo.

Si bien el costo puede ser mas bajo y a corto plazo puede que eso permita entrar, el privilegio y la publicidad llevan mas tiempo y muchas empresas se verán obligadas a no utilizar el producto por cuestiones de rigidez a cambios de marca de sus clientes.

1.5. Estimación de Target de Precio, de Volúmenes de Venta y Ciclo de Vida

1.5.1. Precio tentativo de venta

El precio tentativo de venta es limitado por el precio de mercado, el cual ronda entre los 400 USD y 700 USD. Elegimos fijar nuestro precio en 400 USD.

1.5.2. Participación en el mercado

Considerando que el competidor más grande y directo del mercado es *Exemys*, y la existencia de otras empresas que ofrecen soluciones al mismo problema, apuntamos a un 30 % del mercado.

1.5.3. Estimación de volúmenes de venta

Los volúmenes de venta estarán marcados principalmente por las necesidades del cliente, esto es, se venderán más unidades en función del tamaño del cliente. Por ejemplo, si un cliente ferroviario deseara instalar un equipo de telemetría por cada equipo de vía que tuviera, se estarían contemplando más de 100 unidades. Por otro lado, si el cliente fuera un mediano productor agropecuario, el volumen de venta estaría por debajo de las 10 unidades.

1.5.4. Ciclo de vida

Dado el amplio campo de uso, el ciclo de vida de este producto solo se ve afectado por los cambios en la tecnología, ya que la necesidad de recolectar y analizar datos físicos raramente vaya a disminuir.

1.5.5. Introducción en el mercado

Contaremos con un sitio web propio en donde se presente toda la información de nuestro producto con ejemplos de uso y casos de éxito. Para poder difundir nuestro producto inicialmente, realizaremos una campaña de publicidad contratando una empresa de anuncios (como Google Ads) que tenga la tecnología para orientar los anuncios hacia los clientes más adecuados.

Otra estrategia es presentar el producto ante empresas que precisen realizar mediciones remotas y que no actualmente no cuenten con la tecnología para ello, y ofrecerles unidades de prueba. Si al cabo de un tiempo están conformes con su uso, procedemos a la instalación completa.

1.5.6. Obsolescencia

En cuanto a hardware, el ciclo de vida de este producto se ve limitado por el avance de las tecnologías de comunicación y la consecuente obsolescencia de los módulos de comunicaciones que pensamos ofrecer actualmente. Si nos encontráramos con esta situación, existe la opción de solucionarlo desarrollando módulos nuevos de comunicación y solo reemplazar esta parte.

Con respecto al software, esta puede ser actualizada constantemente y con mayor facilidad.

1.5.7. Conclusiones parciales

A pesar de que existen competidores que ofrecen un producto o servicio similar, a la vez los campos de uso son diversos y amplios, por lo que probablemente sigue existiendo un gran número de potenciales clientes que pueden ser nuestro *target*.

2. Trabajo Práctico 2

2.1. Desarrollo de la Casa de la Calidad

2.1.1. Descripción de los requerimientos del cliente

A partir de entrevistas con potenciales clientes, se determinaron los siguientes requerimientos relacionados al producto:

Comunicación inalámbrica: El dispositivo RTU debe ser capaz de comunicarse con el celular, tablet o computadora de los usuarios, así como con servidores y otros dispositivos iguales.

Personalización de módulos: Debe ser posible cambiar la tecnología de comunicación del dispositivo con solo cambiar un módulo, así como extender el número de puertos de entradas y salidas de la misma manera.

Precio: No debe diferir demasiado de productos similares de la competencia.

Robustez frente a interferencias: El dispositivo debe ser capaz de operar cerca de otros dispositivos electrónicos que posiblemente emitan radiación electromagnética. Además la comunicación debe poder soportar condiciones climáticas adversas.

Vida útil: Dado que el dispositivo debe ser capaz de monitorear variables físicas en ubicaciones remotas y en condiciones hostiles, debe poder soportarlas sin la necesidad de recibir mantenimiento por una cantidad de tiempo considerable.

Bajo consumo: En este caso se considera que por ubicarse en espacios remotos, el dispositivo posiblemente sea alimentado por una fuente de tensión con energía limitada, por lo que debe ser sumamente eficiente en su consumo.

Portabilidad de software: El software de monitoreo debe estar disponible en diferentes plataformas y sistemas operativos (Android / iOS, Windows / Mac / Linux).

Facilidad de uso: La interfaz con el usuario en el celular debe ser intuitiva y los resultados deben ser visualmente fácil de reconocer. Por otro lado, se debe poder configurar al dispositivo fácilmente.

Visualización online: Todos las mediciones del dispositivo deben poder observarse en todo tipo de dispositivos móviles, ya sea el celular, tablet o computadora del usuario.

Fiabilidad de datos: Las mediciones presentadas deben ser precisas para poder evaluar con precisión el estado actual de las variables físicas siendo monitoreadas. En el caso de un equipo funcionando en una zona remota, significa saber si este debe ser sometido a un mantenimiento preventivo o no, ahorrando tiempo y recursos.

Capacidad de diagnóstico: El dispositivo debe ser capaz de informar acerca del estado actual de los equipos sobre los que esté haciendo mediciones (por ejemplo, nivel de combustible en un motor).

Historial de datos: Las mediciones deben ser almacenadas en un servidor para poder mantener un historial de las mismas y poder observar tendencias en los datos. De esta forma se puede realizar el mantenimiento correspondiente en forma preventiva.

Configuración remota: Ya sea desde el celular, tablet o computadora, el usuario debe poder configurar ciertos aspectos del dispositivo tales como la frecuencia de muestreo de datos, encendido y apagado, envío de alarmas, etc.

2.1.2. Descripción de las especificaciones de diseño

Conectividad (WiFi, LoRa, 4G): El dispositivo será capaz de transmitir datos mediante diferentes tipos de comunicación, ya sea WiFi, LoRa, 4G, GSM, etc.

Consumo [W]: Marca el consumo en Watts del equipo con todos sus módulos.

Constructivas (Dimensiones [m], Peso [kg]): Habla de las propiedades físicas del producto: Dimensiones, peso, materiales constitutivos, etc.

Aplicación para Android / iOS y Web: La interfaz con el usuario será a través de dos medios diferentes (aplicación móvil y aplicación web). Inicialmente la aplicación móvil se ofrecerá sobre los sistemas operativos más populares (Android y iOS) y una aplicación web.

Precisión [mA o mV]: Expresa la precisión de los datos, expresada en mA o mV, según cómo esté configurada la entrada del equipo. Además depende del sensor que se esté conectando al equipo.

Temperatura de operación [°C]: Es la temperatura ambiente en grados celsius que tolera el equipo para funcionar de forma correcta.

Número de puertos I/O: Es la cantidad de entradas y salidas que tiene el equipo. Se ofrece una cantidad pequeña con la opción de ampliarla con módulos.

Alarmas por e-mail y SMS: Se debe poder configurar al dispositivo para que ante eventos prefijados, emita alarmas y las transmita vía SMS o e-mail.

Encriptación de datos: Se ofrece encriptar las mediciones por razones de seguridad de forma tal de que sólo el usuario conozca por ejemplo el estado de un equipo.

2.1.3. Matriz de planeamiento

La matriz de planeamiento sirve para cuantificar y comparar, respecto a la competencia, el cumplimiento de los requisitos de los clientes. A su vez, brinda información sobre los requisitos en los que se debe hacer hincapié y sobre los que no requieren tanta atención.

	Peso relativo de los RQ del Cliente	Nuestro Producto	Producto de Exenys: Familia GRD-3	Producto de Cape: KP-TM900	Metas Planeadas	Mejora	Punto de venta	Peso Total	Peso Total %
Requerimientos del Cliente									
Comunicación Inalámbrica	5	5	3	3	5	1.0	1.3	6.5	10%
Personalización de módulos	3	4	4	1	4	1.0	1.3	3.9	6%
Precio	5	3	3	5	4	1.3	1	6.7	10%
Robustez frente a Interferencias	3	3	3	2	3	1.0	1	3.0	5%
Vida útil	5	3	4	2	4	1.3	1.1	7.3	11%
Bajo consumo	4	3	3	4	4	1.3	1.2	6.4	10%
Portabilidad de software	4	5	1	1	5	1.0	1.1	4.4	7%
Instalación simple	2	3	5	3	3	1.0	1	2.0	3%
Visualización online	5	5	4	2	5	1.0	1.3	6.5	10%
Fiabilidad de datos	5	4	4	3	5	1.3	1	6.3	9%
Capacidad de diagnóstico	3	4	3	2	4	1.0	1	3.0	5%
Historial de datos	3	3	3	2	3	1.0	1.3	3.9	6%
Configuración remota	5	5	3	3	5	1.0	1.2	6.0	9%
Total 100%								65.9	100%

Figura 2.1 – Matriz de planeamiento

Aquí se puede apreciar que en general todas las características requeridas por el cliente son importantes para el desarrollo del producto, con la excepción de la instalación simple, la capacidad de diagnóstico y la robustez frente a interferencias. Además, ninguna característica resultó estar muy por encima de la media en cuanto al peso total.

2.1.4. Matriz de interrelación

El objetivo es identificar la relación existente entre los requerimientos de los clientes y las características técnicas que entran en juego. La escala toma sólo 3 valores: 1, 3 y 9. Indicando baja interrelación, mediana y alta, respectivamente.

	Especificaciones								
	Wifi, LoRa, 4G	Consumo [W]	Constructivas (Dim [m], Peso [kg])	Aplic. para Android/iOS y Web HTML5	Precisión [mA o V]	Temp. de operación [°C]	Número de Puertos I/O Expansión	Alarmas por SMS / e-mail	Encriptación de datos
Requerimientos del Cliente									
Comunicación Inalámbrica	9	3	1	3		1		9	9
Personalización de módulos	9	3	9			3			3
Precio	9	3	1	1	9	3	9	1	9
Robustez frente a Interferencias	9								9
Vida útil		9				9	1		
Bajo consumo	3	9				3	3		
Portabilidad de software	9			9	1		1	1	9
Instalación simple			9			9	3		
Visualización online	3			9	3		1	9	1
Fiabilidad de datos	1			1	9				9
Capacidad de diagnóstico	3			9	9			9	
Historial de datos				9	9		9		3
Configuración remota	3			3					9

Figura 2.2 – Matriz de interrelación.

En este caso se observó que el requerimiento técnico con interrelación más fuerte con las características fueron la Conectividad y la Encriptación de datos, mientras que en el caso de las características constructivas y el consumo tuvieron interrelaciones más débiles.

2.1.5. Benchmarking

Con esto se quiere presentar la especificación actual de los requerimientos de diseño, junto a la de los competidores.

Dirección de la Mejora		Especificaciones									
		⬆	⬇	⬇	⬆	⬆	⬇	⬆	⬆	⬆	
		Wifi, LoRa, 4G	Consumo [W]	Constructivas (Dim [m], Peso [kg])	Aplic. para Android/iOS y Web HTML5	Precisión [mA o V]	Temp. de operación [°C]	Número de Puertos I/O Expansión	Alarmas por SMS e e-mail	Encriptación de datos	
Peso total Prioridades Técnicas		292	175	66	211	202	141	139	155	325	
Peso Relativo Prioridades Técnicas		17%	10%	4%	12%	12%	8%	8%	9%	19%	
Benchmarking	Nuestro Producto	5	3	2	4	4	3	3	3	3	
	Producto de Exemys: Familia GRD-3	2	3	4	1	4	4	2	4	2	
	Producto de Cape: KP-TM900	2	4	3	1	2	3	2	3	1	
	Metas	5	3	4	4	4	3	4	4	3	
											1706
											100%
											Total 100%

Figura 2.3 – Benchmarking

En este caso se puede observar que el requerimiento técnico más importante es el de la Encriptación de datos. Dado que nuestro producto se encuentra por sobre la competencia, no es crítico mejorar el servicio. Este requerimiento hace que nuestro producto se diferencie del resto, generando una fortaleza en el mercado.

En segundo lugar se encuentra el requerimiento de la conectividad, en el cual ya se tiene una ventaja competitiva aún más grande que en el caso anterior, por lo que no resulta de vital importancia mejorarla.

Por otro lado, la precisión, la aplicación móvil/web y el consumo también resultaron ser importantes. En estos casos no se tiene ventaja competitiva, sino que el producto se encuentra en el punto deseado, con la excepción de la aplicación móvil, donde se hace particular énfasis en el diseño visual e intuitivo, logrando así diferenciar al producto.

2.1.6. Matriz de correlaciones técnicas

En esta sección de la Casa de Calidad se muestra las relaciones que guardan los diferentes requerimientos técnicos entre sí. Se marcan con un – aquellas relaciones negativas y con un + las relaciones positivas.

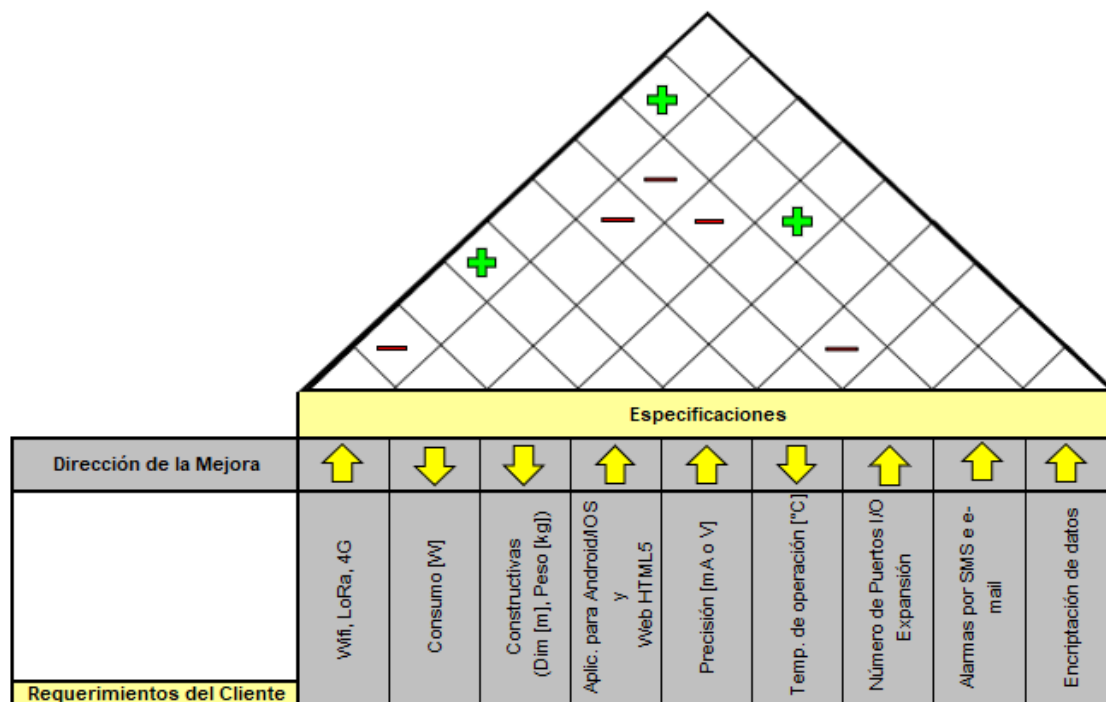


Figura 2.4 – Correlaciones técnicas

En se observaron los efectos negativos de requerimientos que impliquen mayor actividad del dispositivo (como por ejemplo al tener más puertos) sobre el consumo. Por otro lado, se observó un triángulo de correlación positiva entre conectividad, la aplicación móvil y el requerimiento de Alarmas por SMS. Esto resulta evidente considerando que las tres involucran a la telecomunicación.

2.1.7. Conclusiones parciales

Finalmente se pudo observar que para lograr diferenciar el producto de forma más eficiente, se debe hacer énfasis en la encriptación de los datos obtenidos por el dispositivo, además de lograr una buena aplicación móvil. De esta manera se puede justificar un precio ligeramente por encima del de la competencia a cambio de tener un producto más robusto y estético en términos de software. Además, manteniendo la precisión del dispositivo en un nivel competitivo, se puede tener acceso a mediciones confiables en forma sencilla pudiendo así tener más control sobre el proceso medido.

2.2. Establecimiento de una Especificación Técnica

2.2.1. Especificación técnica de ventas

Hardware

- Módulos de conectividad con diferentes tecnologías.
- Consumo asegurado de bajo a moderado según la cantidad y tipo de módulos .

- Rango de precisión muy bueno con errores menores o iguales al 1 %

Software

- Aplicación web con visualización de datos
- Aplicación Móvil (IOS y Android) para gestionar por el celular. Mensaje de alarmas.
- Base de datos web para almacenar datos. Consultar históricos.

Mecánicas

- Dimensiones cómodas para adhesión en RTU con otros componentes.
- Peso liviano. Adecuado para equipo de comunicación.
- Montaje: Tableros eléctricos, sobre riel din (no excluyente)
- Temperatura óptima de operación que no requiere disipador externo.

2.2.2. Especificación técnica de ingeniería

Hardware

- Conectividad con tecnologías WiFi, 4G y LoRa. Conexión 2.4 GHz y 5 GHz IEEE 802.11 b/g/n WLAN, Bluetooth 4.2, GSM-850 y GSM-1900.
- Consumo 150mA@12Vdc, 100mA@24Vdc + módulos integrables hasta un máximo de 10W.
- Rango de precisión:
 - Entrada 0-1 Vdc ($\Delta = 0,1 \text{ mV}$)
 - Entrada 0-10 Vdc ($\Delta = 1 \text{ mV}$)
 - Entrada 4-20 mA ($\Delta = 1 \mu\text{A}$)
- 1 puerto USB disponible para configuración.

Software

- Aplicación web y móvil. Para front-end utilizar HTML+CSS+Javascript con ReactJS y Bootstrap, y back-end Python con Django.
- Para la memoria de almacenamiento se utiliza servicio de cliente ThingSpeak.
- Encriptación de datos: Propietaria.

Mecánicas

- Dimensiones: 150 x 90 x 65 mm (Ancho x Alto x Profundidad)
- Peso: 400gr.
- Temperatura de operación: -20°C a 70°C.

3. Trabajo Práctico 3

3.1. Planeamiento

3.1.1. Marco teórico y descripción del trabajo a realizar

El objetivo de esta etapa es el análisis de las tareas, sus dependencias y los tiempos requeridos. Utilizando distintos métodos, se visualizará el camino crítico y diagramas referidos a ejes temporales, los cuales sirven para realizar seguimientos a lo largo del proyecto para poder detectar problemas que pueden afectar el tiempo de finalización.

3.1.2. Listado de las tareas

N° EDT	N° tarea	Descripción
1	1	Inicio
2	2	Investigación
2.1	3	Productos Similares
2.2	4	Módulos comunicación inalámbrica
2.3	5	Regulaciones
3	6	Planificación
3.1	7	Relevamiento Stakeholders y necesidades del mercado
3.2	8	Establecimiento de Requerimientos
3.3	9	WBS, Gestión de Tiempos
3.4	10	Casa de Calidad, Gestión de la calidad
3.5	11	Definición grupo de trabajo y asignación de tareas
4	12	Ingeniería
4.1	13	Ingeniería básica
4.1.1	14	Diseño de Software
4.1.2	15	Diseño de Hardware
4.2	16	Ingeniería de detalle
4.2.1	17	Esquemático
4.2.2	18	Listado de Materiales
4.2.3	19	Especificación Técnica
4.2.4	20	Desarrollo Protocolo de Pruebas
4.2.5	21	Diseño de Impresos
4.2.6	22	Planos Constructivos
5	23	Compras
5.1	24	Circuito Impreso
5.2	25	Componentes Nacionales
5.3	26	Componentes Importados
5.4	27	Carcasa/Gabinete

Tabla 1 – Tabla de tareas.

Nº EDT	Nº tarea	Descripción
6	28	Programación
6.1	29	RTU
6.1.1	30	Adquisición de entradas/salidas
6.1.2	31	Accionamientos
6.1.3	32	Comunicaciones
6.1.4	33	Configuraciones
6.2	34	Aplicación Móvil
6.2.1	35	Pantallas
6.2.2	36	Configuraciones
6.3	37	Base de datos Online
7	38	Construcción
7.1	39	Soldado de Componentes
7.2	40	Ensamblado
7.3	41	Armado
8	42	Ensayos
8.1	43	Eléctricos
8.2	44	Mecánicos
8.3	45	De Software
8.4	46	De Comunicaciones
9	47	Pruebas de funcionamiento
9.1	48	Lect Entr. / Acc. Salidas
9.2	49	Configuraciones
9.3	50	Históricos de datos
9.4	51	Alarmas
10	52	Documentación
10.1	53	Brochure de Venta
10.2	54	Manual de Usuario
10.3	55	Especificaciones Técnicas
11	56	Certificación y Patentado
12	57	Campaña de Marketing

Tabla 2 – Tabla de tareas (cont)..

3.1.3. Tabla de duración estimada de las tareas

N° EDT	N° tarea	Descripción	Duración
1		Inicio	-
2	-	Investigación	-
2.1	3	Productos Similares	15 días
2.2	4	Módulos comunicación inalámbrica	20 días
2.3	5	Regulaciones	20 días
3	6	Planificación	-
3.1	7	Stakeholders y mercado	10 días
3.2	8	Establecimiento de Requerimientos	10 días
3.3	9	WBS, Gestión de Tiempos	5 días
3.4	10	Casa de Calidad, Gestión de la calidad	5 días
3.5	11	Grupo de trabajo y tareas	10 días
4	12	Ingeniería	-
4.1	13	Ingeniería básica	-
4.1.1	14	Diseño de Software	15 días
4.1.2	15	Diseño de Hardware	20 días
4.2	16	Ingeniería de detalle	-
4.2.1	17	Esquemático	20 días
4.2.2	18	Listado de Materiales	10 días
4.2.3	19	Especificación Técnica	5 días
4.2.4	20	Desarrollo Protocolo de Pruebas	5 días
4.2.5	21	Diseño de Impresos	30 días
4.2.6	22	Planos Constructivos	15 días
5	23	Compras	-
5.1	24	Circuito Impreso	40 días
5.2	25	Componentes Nacionales	5 días
5.3	26	Componentes Importados	40 días
5.4	27	Carcasa/Gabinete	30 días
6	28	Programación	-
6.1	29	RTU	-
6.1.1	30	Adquisición de entradas/salidas	30 días
6.1.2	31	Accionamientos	20 días
6.1.3	32	Comunicaciones	30 días
6.1.4	33	Configuraciones	20 días
6.2	34	Aplicación Móvil	-
6.2.1	35	Pantallas	40 días
6.2.2	36	Configuraciones	15 días
6.3	37	Base de datos Online	20 días

Tabla 3 – Tabla de tareas y duraciones.

N° EDT	N° tarea	Descripción	Duración
7	38	Construcción	-
7.1	39	Soldado de Componentes	5 días
7.2	40	Ensamblado	3 días
7.3	41	Armado	2 días
8	42	Ensayos	-
8.1	43	Eléctricos	1 días
8.2	44	Mecánicos	1 días
8.3	45	De Software	5 días
8.4	46	De Comunicaciones	5 días
9	47	Pruebas de funcionamiento	-
9.1	48	Lect Entr. / Acc. Salidas	1 días
9.2	49	Configuraciones	1 días
9.3	50	Históricos de datos	5 días
9.4	51	Alarmas	1 días
10	52	Documentación	-
10.1	53	Brochure de Venta	5 días
10.2	54	Manual de Usuario	15 días
10.3	55	Especificaciones Técnicas	5 días
11	56	Certificación y Patentado	15 días
12	57	Campaña de Marketing	15 días

Tabla 4 – Tabla de tareas y duraciones (*cont.*).

3.1.4. Tabla de precedencia de las tareas

N° EDT	N° tarea	Descripción	Duración	Precedente
1		Inicio	-	-
2	-	Investigación	-	-
2.1	3	Productos Similares	15 días	1
2.2	4	Mód. com. inalámbrica	20 días	3
2.3	5	Regulaciones	20 días	4
3	6	Planificación	-	-
3.1	7	Stakeholders y mercado	10 días	5
3.2	8	Establecimiento de Req.	10 días	7
3.3	9	WBS, Gestión de Tiempos	5 días	8
3.4	10	Casa de Calidad	5 días	9
3.5	11	Grupo de trabajo y tareas	10 días	10

Tabla 5 – Tabla de tareas, duraciones y precedencias.

Nº EDT	Nº tarea	Descripción	Duración	Precedente
4	12	Ingeniería	-	-
4.1	13	Ingeniería básica	-	-
4.1.1	14	Diseño de Software	15 días	11
4.1.2	15	Diseño de Hardware	20 días	11
4.2	16	Ingeniería de detalle	-	-
4.2.1	17	Esquemático	20 días	15
4.2.2	18	Listado de Materiales	10 días	17
4.2.3	19	Especificación Técnica	5 días	18
4.2.4	20	Desarrollo Protocolo de Pruebas	5 días	19
4.2.5	21	Diseño de Impresos	30 días	17
4.2.6	22	Planos Constructivos	15 días	15
5	23	Compras	-	-
5.1	24	Circuito Impreso	40 días	21
5.2	25	Componentes Nacionales	5 días	18
5.3	26	Componentes Importados	40 días	18
5.4	27	Carcasa/Gabinete	30 días	22
6	28	Programación	-	-
6.1	29	RTU	-	-
6.1.1	30	Adquisición de entradas/salidas	30 días	14
6.1.2	31	Accionamientos	20 días	30
6.1.3	32	Comunicaciones	30 días	31
6.1.4	33	Configuraciones	20 días	32
6.2	34	Aplicación Móvil	-	-
6.2.1	35	Pantallas	40 días	14
6.2.2	36	Configuraciones	15 días	35
6.3	37	Base de datos Online	20 días	14
7	38	Construcción	-	-
7.1	39	Soldado de Componentes	5 días	24, 25, 26
7.2	40	Ensamblado	3 días	39
7.3	41	Armado	2 días	27, 40
8	42	Ensayos	-	-
8.1	43	Eléctricos	1 días	20, 40
8.2	44	Mecánicos	1 días	41
8.3	45	De Software	5 días	33, 36, 37, 41, 43
8.4	46	De Comunicaciones	5 días	45
9	47	Pruebas de funcionamiento	-	-
9.1	48	Lect Entr. / Acc. Salidas	1 días	44, 46
9.2	49	Configuraciones	1 días	48
9.3	50	Históricos de datos	5 días	49
9.4	51	Alarmas	1 días	50
10	52	Documentación	-	-
10.1	53	Brochure de Venta	5 días	51
10.2	54	Manual de Usuario	15 días	51
10.3	55	Especificaciones Técnicas	5 días	51
11	56	Certificación y Patentado	15 días	53, 54, 55
12	57	Campaña de Marketing	15 días	56

Tabla 6 – Tabla de tareas, duraciones y precedencias (*cont.*).

3.1.5. Camino crítico mediante CPM

A partir de lo visto en los ítems anteriores, más específicamente a partir de las Tablas 5 y 6 se puede trazar el diagrama temporal de *Activity on node* (AON), a partir del cuál resulta más sencillo distinguir los diferentes caminos posibles de tareas que se originan dentro del proyecto.

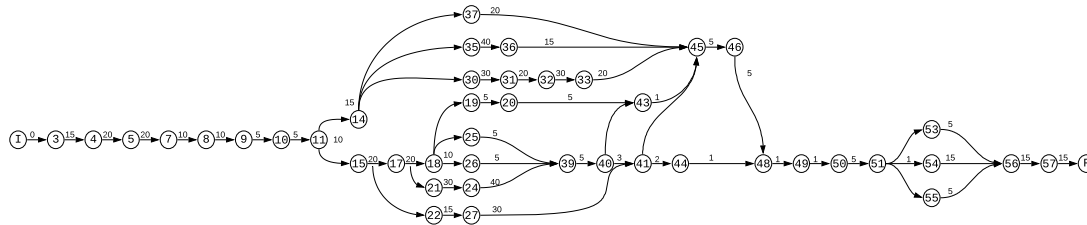


Figura 3.1 – Diagrama AON del proyecto.

El camino crítico queda definido por aquel camino que resulte de mayor duración sumando las duraciones de cada correspondiente tarea que lo compone. A partir de esta definición se puede apreciar en la Figura 3.1 que surgen dos potenciales caminos de duración máxima. Estos son

1. I, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 30, 31, 32, 33, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 56, 57, F (273 días)
2. I, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 21, 24, 39, 40, 41, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 56, 57, F (278 días)

Si bien existen más caminos que también pueden ser los de máxima duración (por ejemplo, tomando la tarea 43 en lugar de la 41) se tomaron estos dos caminos por estar diferenciados más claramente. Viendo que la duración del segundo camino es mayor, se concluye que este es el camino crítico.

El método del camino crítico se analiza en la sección siguiente, donde se halla la holgura de cada camino y por ende el camino crítico en aquella secuencia de tareas con holgura nula.

3.1.6. Grafo de tiempos tempranos, tardíos, el margen libre y el camino crítico

En la Figura 3.2 se puede observar el grafo en donde se indican los inicios y fines tempranos y tardíos, junto con la duración y holgura de cada tarea del proyecto. Cabe destacar que el camino crítico se resalta en color rojo.

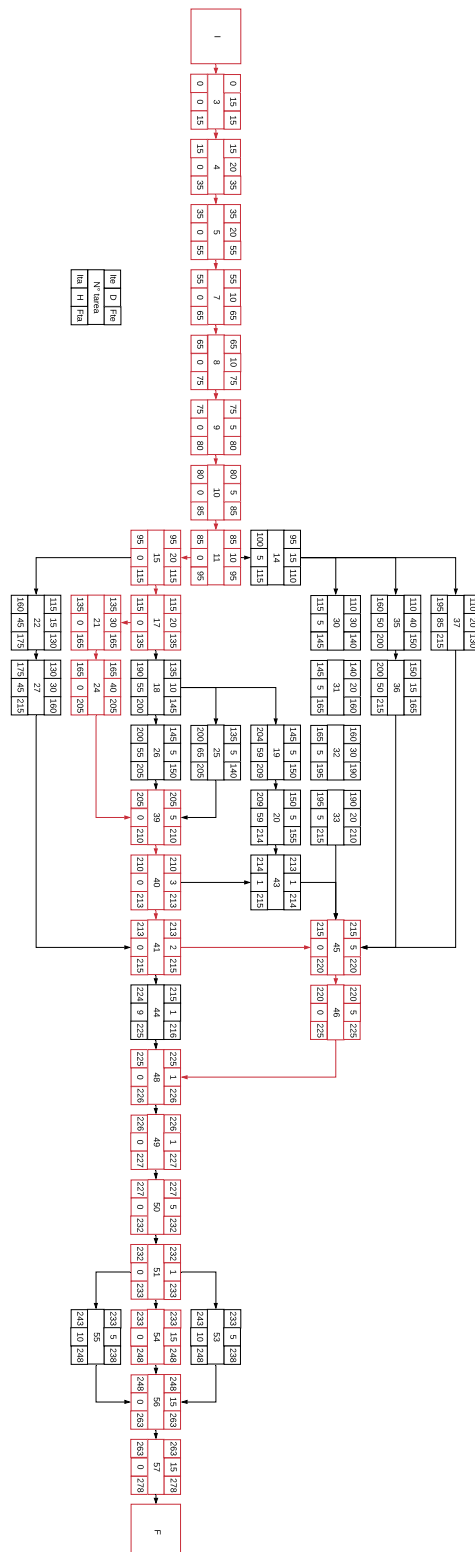


Figura 3.2 – Grafo de tiempos tempranos, tardíos, el margen libre y el camino crítico

3.1.7. Tabla de T_O , T_{MP} , T_P , duración estimada y varianza de las tareas

Para la estimación de estos valores, se considera que las tareas siguen una distribución Beta normalizada. Dicha función se caracteriza por medio de su varianza σ^2 y valor medio T_M , como:

$$T_M = \frac{T_O + 4T_{MP} + T_P}{6} \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{T_P - T_O}{6} \right)^2 \quad (2)$$

Donde:

T_M : Tiempo medio

T_O : Tiempo optimista

T_P : Tiempo pesimista

T_{MP} : Tiempo más probable

Tarea	T_O	T_{MP}	T_P	T_M	σ^2
3	12	15	20	15.33	1.78
4	14	20	25	19.83	3.36
5	18	20	25	20.50	1.36
7	9	10	11	10.00	0.11
8	7	10	15	10.33	1.78
9	4	5	6	5.00	0.11
10	4	5	7	5.17	0.25
11	9	10	11	10.00	0.11
14	12	15	20	15.33	1.78
15	17	20	25	20.33	1.78
17	16	20	22	19.67	1.00
18	5	10	12	9.50	1.36
19	4	5	10	5.67	1.00
20	3	5	6	4.83	0.25
21	25	30	35	30.00	2.78
22	13	15	20	15.50	1.36
24	35	40	45	40.00	2.78
25	4	5	6	5.00	0.11
26	38	40	50	41.33	4.00
27	25	30	32	29.50	1.36
30	25	30	35	30.00	2.78
31	15	20	25	20.00	2.78
32	25	30	35	30.00	2.78
33	15	20	25	20.00	2.78
35	35	40	43	39.67	1.78
36	12	15	20	15.33	1.78
37	17	20	22	19.83	0.69
39	5	5	6	5.17	0.03
40	3	3	5	3.33	0.11
41	1	2	3	2.00	0.11
43	1	1	2	1.17	0.03
44	1	1	2	1.17	0.03
45	4	5	8	5.33	0.44
46	4	5	8	5.33	0.44
48	1	1	2	1.17	0.03
49	1	1	3	1.33	0.11
50	4	5	9	5.50	0.69
51	1	1	3	1.33	0.11
53	5	5	6	5.17	0.03
54	13	15	20	15.50	1.36
55	4	5	7	5.17	0.25
56	14	15	20	15.67	1.00
57	10	15	22	15.33	4.00

3.1.8. Cálculo del camino crítico por Método de Propagación de Errores

Para el cálculo, se estima que la duración del proyecto seguirá la distribución Normal y la varianza del mismo será la suma de las varianzas de las tareas individuales involucradas en el camino crítico (J).

$$\sigma_{\text{proyecto}}^2 = \sum_J \sigma_J^2 = 25,64 \quad (3)$$

Por lo que el desvío resulta ser

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \approx 5 \quad (4)$$

Con respecto a la media del proyecto, la misma se extrae de la suma de todas las medias de las tareas que conforman el proyecto.

$$\mu = T_{M_{\text{proyecto}}} = \sum_J T_{M_J} \approx 283 \text{ días} \quad (5)$$

Por último se calcula se despeja x (duración máxima) para un z extraído de la tabla de distribución Normal a partir de la probabilidad deseada. Para 95 % de probabilidad, $z = 1,65$.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (6)$$

Finalmente, considerando una distribución Normal de media 283 y desvío 5, se puede afirmar que el proyecto no demorará más de **291 días con una probabilidad del 95 %**.

3.1.9. Simulación de Montecarlo

Se realizaron 1000 simulaciones de Montecarlo sobre las 45 posibles caminos. Los resultados fueron los siguientes:

Camino	Número de apariciones	Porcentaje de apariciones	Duración media en días
1	0	0.00 %	187.4
2	0	0.00 %	197.7
3	0	0.00 %	187.4
4	0	0.00 %	222.5
5	0	0.00 %	222.5
6	0	0.00 %	222.5
7	0	0.00 %	267.4
8	143	14.30 %	278
9	0	0.00 %	187.4
10	0	0.00 %	219.4
11	0	0.00 %	219.4
12	0	0.00 %	219.4
13	0	0.00 %	209.9
14	0	0.00 %	220.3
15	0	0.00 %	209.9
16	0	0.00 %	272.5
17	841	84.10 %	283.5
18	0	0.00 %	272.5
19	0	0.00 %	263.0
20	0	0.00 %	273.4
21	0	0.00 %	263.1
22	0	0.00 %	271.7
23	16	1.60 %	282.6
24	0	0.00 %	271.7
25	0	0.00 %	253.5
26	0	0.00 %	263.8
27	0	0.00 %	253.5
28	0	0.00 %	244.0
29	0	0.00 %	254.4
30	0	0.00 %	244.0
31	0	0.00 %	252.6
32	0	0.00 %	263.0
33	0	0.00 %	252.6
34	0	0.00 %	217.1
35	0	0.00 %	227.5
36	0	0.00 %	217.1
37	0	0.00 %	207.6
38	0	0.00 %	218.0
39	0	0.00 %	207.7
40	0	0.00 %	216.3
41	0	0.00 %	226.6
42	0	0.00 %	216.3
43	0	0.00 %	213.2
44	0	0.00 %	223.6
45	0	0.00 %	213.3

3.1.10. Histograma de duración media de los diferentes caminos

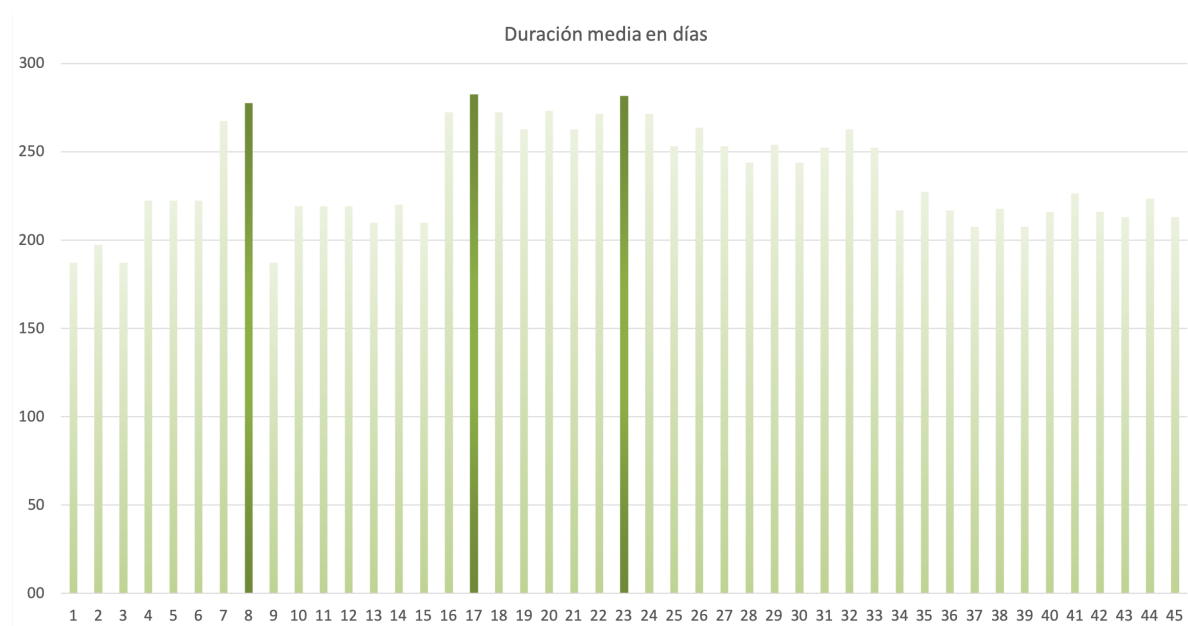


Figura 3.3 – Histograma duración media de los diferentes caminos

3.1.11. Histograma de la frecuencia de ocurrencia en que un camino sea crítico

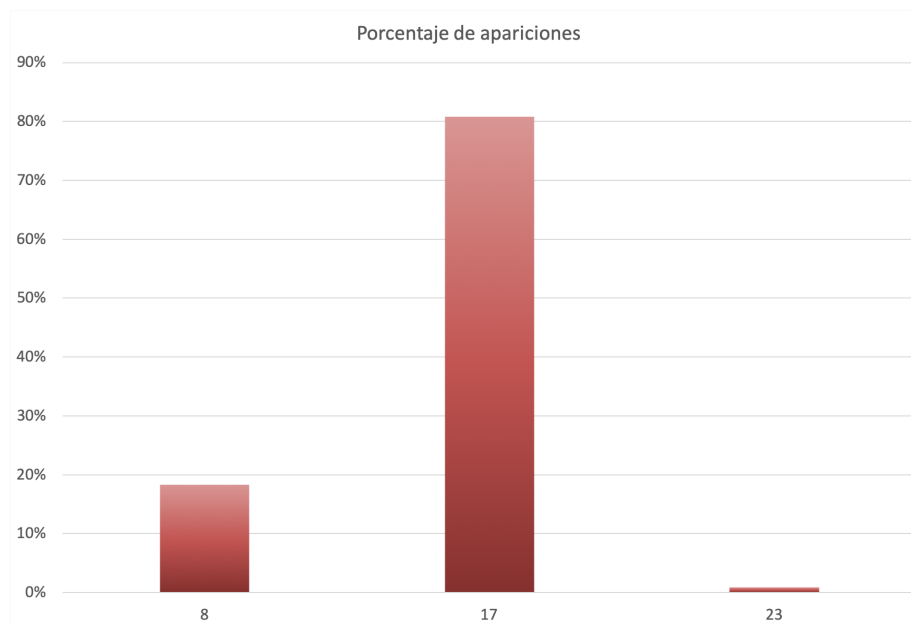


Figura 3.4 – Histograma frecuencia de ocurrencia en que un camino sea crítico

3.1.12. Curva de cantidad de ocurrencias vs. la duración del camino crítico

Se muestra el gráfico para el camino crítico nro. 17.

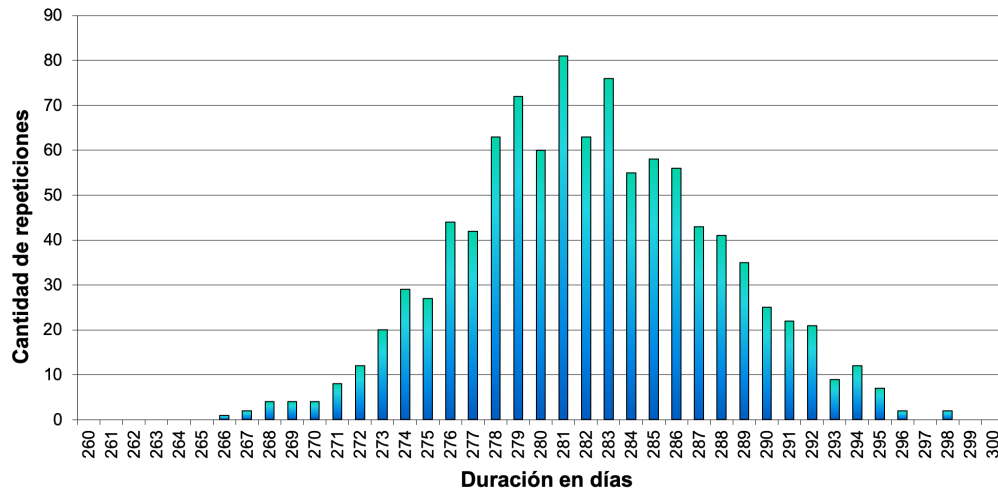


Figura 3.5 – Cantidad de ocurrencias vs. duración del camino crítico

3.1.13. Caminos pseudo críticos y posibles consecuencias

Como se puede observar de los gráficos y tablas, el camino crítico predominante es el nro. 17 pero hay que tener en cuenta que el camino pseudo-crítico nro. 8 tuvo un número de apariciones importante y el camino pseudo-crítico 23, si bien tiene una probabilidad baja, tiene un tiempo medio semejante al del camino crítico.

Una posible falla en alguno de esos caminos puede generar directamente un retraso en la finalización del proyecto. Por lo tanto es importante realizar un seguimiento también en en dichos caminos pseudo críticos.

3.1.14. Cálculo de la duración del camino crítico con un 95 % de confianza

Estimación	Camino 8	Camino 17	Camino 23
Media	278.02	283.47	282.64
Varianza	37.41	33.24	33.32
Desvío estándar	6.12	5.77	5.77
Valor máximo	296.30	301.13	300.27
Valor mínimo	259.12	266.94	266.53
Int. Sup. 95 % Conf.	288.11	292.98	292.16
Int. Inf. 95 % Conf.	267.92	273.95	273.11

Como se puede observar, es posible garantizar que el camino crítico del proyecto no se extenderá en más de **293 días con un 95 % de probabilidad.**

3.1.15. Comparativa de los resultados hallados por los diferentes métodos

- **CPM:** 278 días
- **PERT:** 291 días con 95 % de probabilidad
- **Montecarlo:** 293 días con un 95 % de probabilidad

3.1.16. Asignación de recursos humanos y económicos

A continuación se muestra el listado en donde se asignan los recursos humanos y económicos para el proyecto con el fin de fabricar 500 unidades del producto, lo que compone la inversión inicial de la sección siguiente.

N° EDT	Descripción	Personal	Duración	Recursos [ARS]
1	Inicio	-	-	-
2	Investigación	-	-	-
2.1	Productos Similares	PM / T / V	15	30,000.00
2.2	Módulos com. inalámbrica	T	20	55,000.00
2.3	Regulaciones	T	20	45,000.00
3	Planificación	-	-	-
3.1	Stakeholders y mercado	PM / V	10	80,000.00
3.2	Estab. Requerimientos	T	10	100,000.00
3.3	WBS, Gestión de Tiempos	PM	5	60,000.00
3.4	Casa de Calidad	PM / T / V	5	140,000.00
3.5	Grupo de trabajo y asign. tareas	PM	10	60,000.00
4	Ingeniería	-	-	-
4.1	Ing. Básica	-	-	-
4.1.1	Diseño de Software	T / P	15	125,000.00
4.1.2	Diseño de Hardware	P / C	20	150,000.00
4.2	Ing. de Detalle	-	-	-
4.2.1	Esquemático	T / C	20	80,000.00
4.2.2	Listado de Materiales	T / V	10	75,000.00
4.2.3	Especificación Técnica	T	5	60,000.00
4.2.4	Desarrollo Protocolo de Pruebas	T	5	55,000.00
4.2.5	Diseño de Impresos	C / T	30	150,000.00
4.2.6	Planos Constructivos	C	15	45,000.00
5	Compras	-	-	-
5.1	Circuito Impreso	T	40	150,000.00
5.2	Componentes Nacionales	V	5	250,000.00
5.3	Componentes Importados	PM / V	40	500,000.00
5.4	Carcasa/Gabinete	V	30	450,000.00
6	Programación	-	-	-
6.1	RTU	-	-	-
6.1.1	Adquisición de I/O	P	30	120,000.00
6.1.2	Accionamientos	P	20	200,000.00
6.1.3	Comunicaciones	P	20	80,000.00
6.1.4	Configuraciones	P	30	110,000.00
6.2	Aplicación Móvil	-	-	-
6.2.1	Pantallas	P	40	250,000.00
6.2.2	Configuraciones	P	15	150,000.00
6.3	Base de datos Online	P	20	400,000.00
7	Construcción	-	-	-
7.1	Soldado de Componentes	T	5	190,000.00
7.2	Ensamblado	T	3	120,000.00
7.3	Armado	T	2	85,000.00
8	Ensayos	-	-	-
8.1	Eléctricos	T	1	25,000.00
8.2	Mecánicos	T	1	30,000.00
8.3	De Software	P	5	40,000.00
8.4	De Comunicaciones	T	5	50,000.00

N° EDT	Descripción	Personal	Duración	Recursos [ARS]
9	Pruebas de Funcionamiento	-	-	-
9.1	Lect. de Entradas / Acc. de Salidas	T / P	1	10,000.00
9.2	Configuraciones	P	1	10,000.00
9.3	Históricos de datos	P	5	45,000.00
9.4	Alarmas	T / P	1	65,000.00
10	Documentación	-	-	-
10.1	Brochure de Venta	V	5	160,000.00
10.2	Manual de Usuario	T	15	310,000.00
10.3	Especificaciones Técnicas	T	5	90,000.00
11	Certificación y Patentado	V	15	450,000.00
12	Campana de Marketing	V	15	350,000.00

3.1.17. Diagrama de Gantt

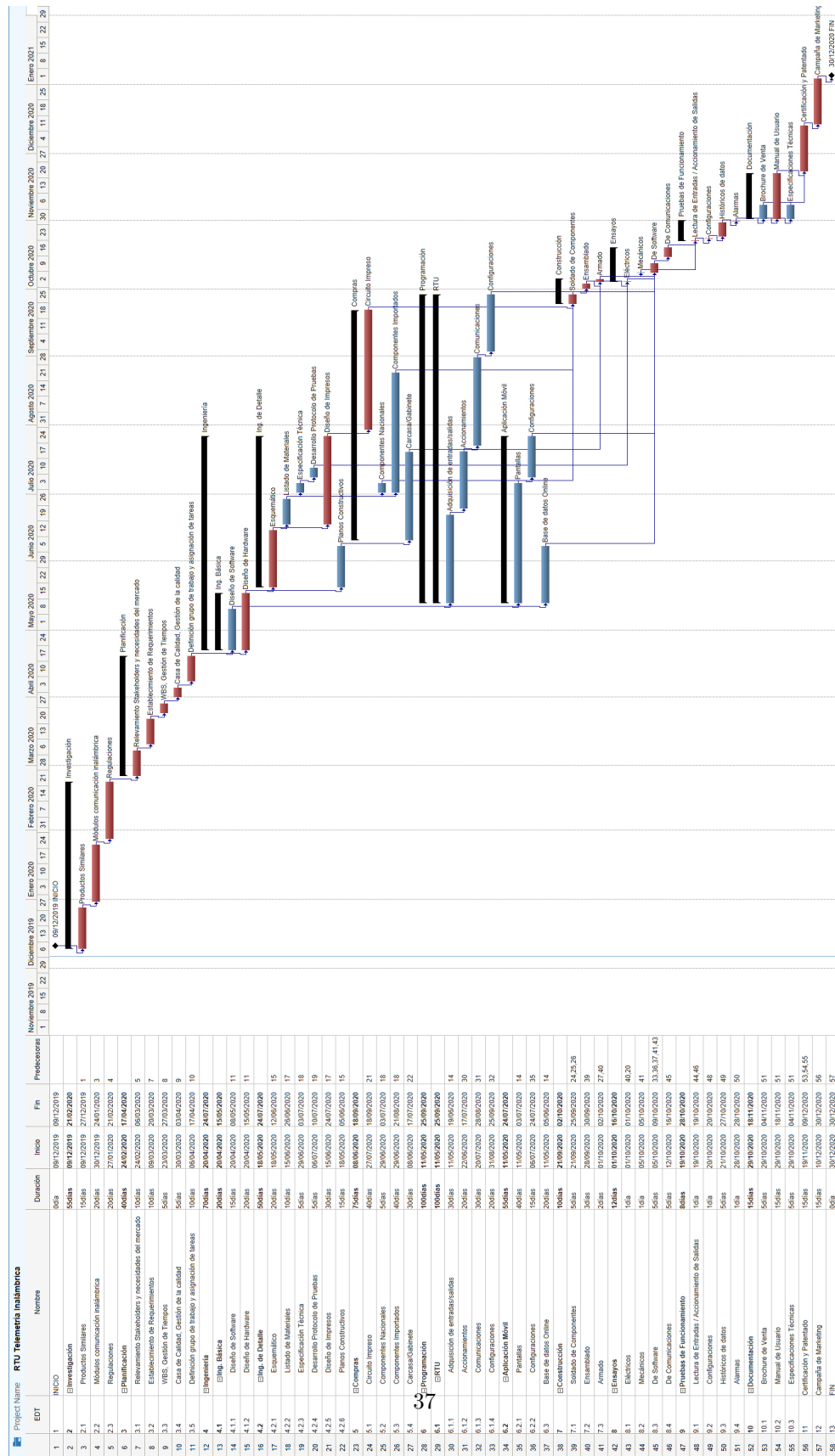


Figura 3.6 – Diagrama de Gantt

3.1.18. Conclusiones parciales

Para empezar se definió un listado de tareas de la forma más detallada posible de forma tal de estimar el desarrollo del proyecto de la forma más aproximada a la realidad. Así, una vez que se pasa a la etapa de ejecución se tiene mayor control sobre la misma. Luego, analizando los métodos determinísticos y probabilísticos para hallar la duración del proyecto se observó una fuerte similitud en cuanto a las tareas que componen el camino crítico y, más aún, en su duración.

3.2. Factibilidad Económica

3.2.1. Estimación de ciclo de vida del producto

El ciclo de vida se ve limitado por el avance de las tecnologías, lo cual causaría que el producto deba ser reemplazado por otro con tecnología mas moderna para ese entonces. Se estima que el ciclo de vida será de 5 años.

3.2.2. Estimación de la inversión necesaria

Para una primera inversión, se considera el planeamiento y diseño del producto por aproximadamente 1 año y luego la producción de éste (unas 500 unidades como primera tanda). Se decide, en base a los cálculos previos, comenzar con una inversión inicial de 6 millones de pesos ARS.

3.2.3. Estimación de los costos directos

Se consideran los costos de producción de 1 unidad de RTU.

Material	Cantidad	Costo Unitario (ARS)	Costo Total (ARS)
Fabricación de PCB	1	63	63
Componentes circuitales	30	100 (Promedio)	3000
Regulador de alimentación	1	200	200
Cables	2	50	100
Carcasa	1	500	500
Técnicos de ensamblado	1	1000	1000

Tabla 7 – Costos directos de 1 unidad.

El total de costos directos por unidad es de 4863 ARS.

El estimado de los materiales a utilizar se realizó en base a los precios que aparecen en tiendas online. En particular, los PCB se traerán del exterior ya que suelen ser mucho más económicos.

3.2.4. Estimación de los costos indirectos

Se realiza un estimado de los costos indirectos de un mes que conlleva el proceso de diseño y contrucción del producto.

Material	Costo
Alquiler	50000
Secretario administrativo	35000
Equipo de Ingeniería (4)	210000
Equipo de Desarrollo (5)	350000
Jefe de Proyecto	100000
Servicios de limpieza	25000
Electricidad + Agua + Gas	30000

Tabla 8 – Costos indirectos en 1 mes.

El costo indirecto total durante 12 meses es de 9.6 millones.

3.2.5. Estimación del costo total de una unidad del producto

El costo promedio de la producción del producto es de 5000 ARS y

Concepto	Costo
Costo directo	4863
Costo indirecto	9600
Total	19200

Tabla 9 – Costos de producción de 1 unidad.

3.2.6. Estimación del precio de venta

El costo de producción de una unidad resultó ser mayor al precio de venta estipulado anteriormente. Con esta estimación de costos se tendría que poner un precio mayor a 500 USD (el costo de producir una unidad).

Un precio de venta viable, teniendo en cuenta la diversidad de funcionalidades que tiene el producto, es 900 USD. La amplitud de características permitirá que los compradores dispensen de otros equipos adicionales que necesitaban para lograr las funciones que logran sólo con nuestro dispositivo, alcanzando así, un ahorro monetario significativo.

3.2.7. Estimación de unidades vendidas durante el ciclo de vida

Como se mencionó anteriormente, se estima un ciclo de vida del producto de 5 años. En base a lo estimado y teniendo en cuenta las necesidades de la industria en cuanto a la versatilidad, confiabilidad y durabilidad de los productos necesarios para instalar en campo con bajo costo de mantenimiento, instalación y programación se calcula un aproximado de venta de 2500 a 3000 unidades durante el ciclo de vida del dispositivo. Esto es, considerando el posible avance tecnológico del siguiente lustro.

3.2.8. Estimación de los parámetros financieros

Considerando la primera tanda de 500 unidades a un costo de 900 USD por unidad y tomando como criterio una inversión inicial que contemple los gastos fijos durante un año y la mitad de las unidades, tenemos

$$I_0 = \$6,000,000 \text{ ARS}$$

Se proyecta para el ciclo de vida del producto un tipo de cambio de promedio \$ARS 70 y una tasa de interés anual actual de 60 %.

3.2.9. Incidencia de los Impuestos a los IIBB y a las Ganancias

En lo que respecta a IIBB y Ganancias se tiene un 3 % y 35 % respectivamente, de aplicación sobre los ingresos brutos. En el siguiente gráfico se muestra a continuación el monto en cada período de cada uno de los impuestos durante el ciclo de vida.

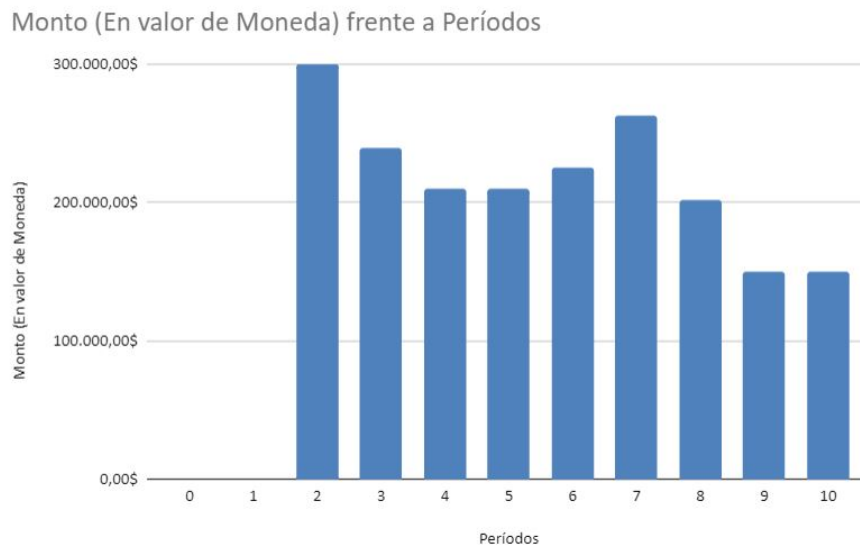


Figura 3.7 – Ingresos Brutos.

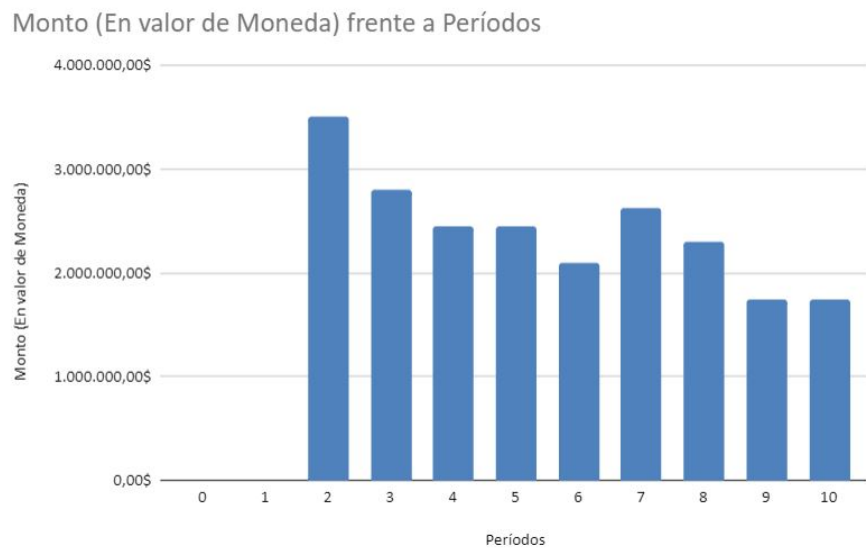


Figura 3.8 – Impuesto a las Ganancias.

3.2.10. Determinación del Valor Actual Neto (VAN) del proyecto

Para la determinación de los flujos de caja, se adoptaron períodos semestrales.

Se muestra a continuación el análisis de flujo de caja y cálculo del VAN teniendo en cuenta la tasa de interés del 40 %.

La misma surge de una simulación de plazo fijo de \$ 6.000.000 a 6 meses en el Banco Nación.

La ecuación para el cálculo del VAN es:

$$VAN = I_0 + \sum_{k=1}^n \left(\frac{FC_k}{(1 + T_{inv})^k} \right) \quad (7)$$

Períodos		Monto (En valor de Moneda)	VAN
0	Inversión Inicial	-\$ 6.000.000	-\$ 6.000.000
1	FC1	-\$ 6.031.500	-\$ 10.308.214
2	FC2	\$ 10.000.000	-\$ 5.206.173
3	FC3	\$ 8.000.000	-\$ 2.290.722
4	FC4	\$ 7.000.000	-\$ 468.564
5	FC5	\$ 7.000.000	\$ 832.977
6	FC6	\$ 7.500.000	\$ 1.829.054
7	FC7	\$ 6.750.000	\$ 2.469.390
8	FC8	\$ 6.000.000	\$ 2.875.952
9	FC9	\$ 5.000.000	\$ 3.117.953
10	FC10	\$ 5.000.000	\$ 3.290.811

Figura 3.9 – Flujos de Caja y VAN del proyecto

3.2.11. Determinación de la Tiempo de Retorno de la Inversión (TIR) del proyecto

Basándose en los valores determinados del VAN, se traza la gráfica del mismo en función del tiempo para mostrar gráficamente el tiempo de retorno de la inversión (TRI), el cual es muy importante para poder saber en cuánto tiempo el proyecto paga la inversión realizada.

La ecuación para el cálculo analítico es la siguiente:

$$0 = I_0 + \sum_{k=1}^n \left(\frac{FC_k}{(1 + T_{inv})^k} \right) \quad (8)$$

Gráficamente tenemos que:

VAN: "Valor Actual Neto"

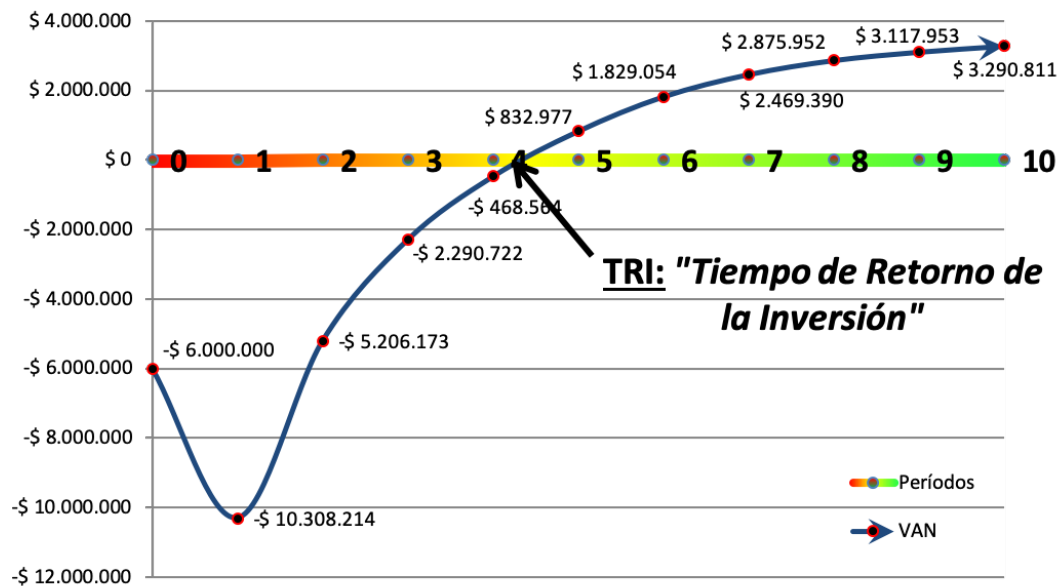


Figura 3.10 – Gráfico VAN y TRI

Como podemos ver, el VAN da positivo, es decir: **El proyecto es viable en términos económicos.**

El TRI dio como resultado 4 períodos, es decir que **se recuperaría la inversión en el término de 2 años.**

3.2.12. Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto

A continuación se muestran los valores calculados de la tasa interna de retorno, esto es, la tasa de descuento a partir de la cual el proyecto deja de generar ganancia.

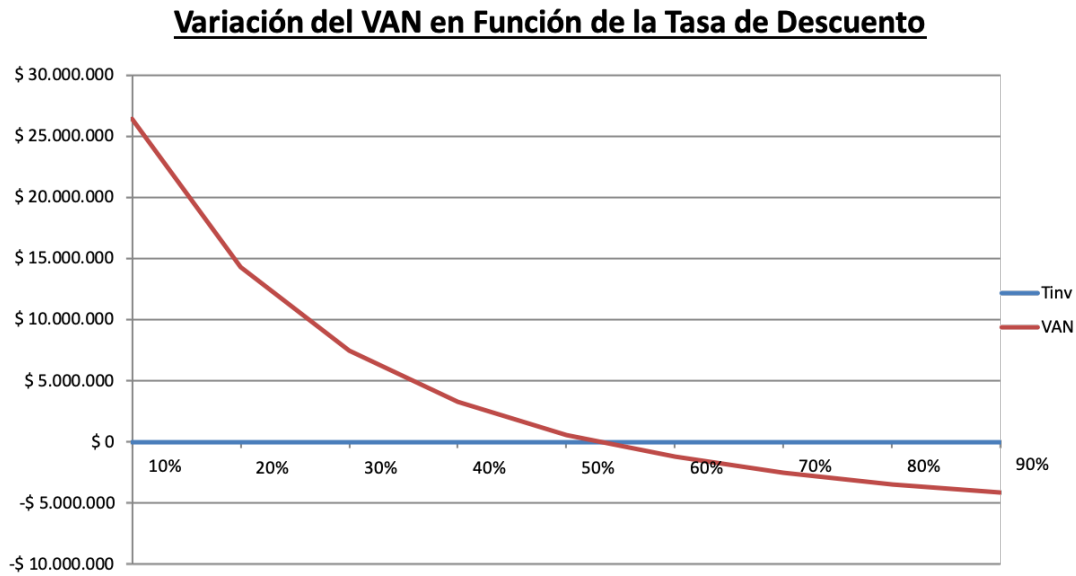


Figura 3.11 – Variación del VAN en función de la Tasa de Descuento

Como se puede observar, **a partir de una tasa del 53 %, el proyecto deja de ser viable económicamente.**

3.2.13. Relaciones de Costo – Beneficio Bruto y Neto (RCBB y RCBN)

Las relaciones de costo-beneficio bruto y neto se calculan, respetivamente:

$$RCBB = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{I_i}{(1+t_i)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{E_i}{(1+t_i)^i}} \quad (9)$$

$$RCBN = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{I_i - E_i}{(1+t_i)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{E_i}{(1+t_i)^i}} \quad (10)$$

Cuando $RCBB > 1$ y $RCBN > 0$ se acepta el proyecto. En nuestro caso $RCBB = 3,37$ y $RCBN = 2,89$.

3.2.14. Conclusiones parciales

Se observa la importancia de conocer los costos de distintas partes de la producción y estimar los costos de una unidad, tanto directos como indirectos, dado que permiten estimar los gastos a realizar durante el desarrollo del proyecto y por ende, el precio de venta del producto. Mediante estas estimaciones también es posible determinar los ingresos durante el ciclo de vida del producto y observar la viabilidad del proyecto.

3.3. Conclusiones finales

- Si bien el primer año es puramente inversión se observa como entre los períodos 4 y 5 se recupera lo invertido dejando para el resto de los períodos una ganancia considerable y una muy buena posición en el mercado habiendo ya introducido el producto y reconocido su potencial.
- En lo que respecta a la parte económica y financiera, el proyecto resulta una propuesta viable y rentable. No sólo porque los índices económicos VAN y TIR nos indiquen que es así sino porque en el análisis social y tecnológico de la industria esta propuesta resulta atractiva para las empresas dedicadas a la producción, elaboración de procesos, extracción de petróleo, actividad ganadera y tantas otras en las cuales se mueve gran capital con el producto final y es por tanto necesario invertir en productos y equipos tecnológicos que sean fiables y robustos para controlar dichas actividades. Si se toma en cuenta la gran funcionalidad de nuestro producto, el precio es acorde a las necesidades y dado que éstas son grandes, las proyecciones de venta realizadas en los distintos períodos resultan una muy buena estimación en base a la tendencia del mercado en materia de tecnología y energía.