

Trabajo Fin de Máster

# Máster Universitario en Ingeniería Industrial

## Desarrollo de automatización de procesos robotizados para la carga de datos y criticidad en un ERP comercial

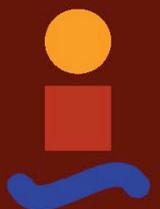
Autor: Pablo Antonio Osuna Pando

Tutores: Adolfo Crespo Martín

Cotutores: Juan Francisco Gómez Fernández, Fernando Agustín Olivencia Polo

**Dpto. Organización Industrial y Gestión de  
Empresas I  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2020





Trabajo Fin de Máster  
Máster en Ingeniería Industrial

# Desarrollo de automatización de procesos robotizados para la carga de datos y criticidad en un ERP comercial

Autor:

Pablo Antonio Osuna Pando

Tutores:

Adolfo Crespo Martín

Cotutores:

Juan Francisco Gómez Fernández, Fernando Agustín Olivencia Polo

Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Máster: Desarrollo de automatización de procesos robotizados para la carga de datos y criticidad en un ERP comercial

Autor: Pablo Antonio Osuna Pando

Tutor: Adolfo Crespo Martín

Cotutores Juan Francisco Gómez  
Fernández, Fernando Agustín  
Olivencia Polo

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal



A mi familia

A mis maestros



# AGRADECIMIENTOS

---

Me gustaría comenzar este apartado agradeciendo su esfuerzo y dedicación a todos los profesores y tutores que he tenido a lo largo de mi vida, desde los que me acompañaron durante doce años en mi colegio de los Maristas, hasta los que me han enseñado tanto durante estos años en la ETSI.

Por supuesto mi agradecimiento especial a Marta, por su paciencia, comprensión y ánimos durante todos estos años.

Y, por último, mis padres, apoyo incondicional que siempre han creído en mí más que yo mismo.

*Pablo Antonio Osuna Pando*

*Sevilla, 2020*



El presente trabajo se desarrolla en seis partes bien diferenciadas. En la primera de ellas hacemos un repaso e introducción a la historia del mantenimiento desde sus orígenes, centrándonos posteriormente en el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM, de sus siglas en inglés Reliability Centred Maintenance). Ahondamos posteriormente en las características de esta metodología y en los pasos a seguir para ponerla en práctica.

Posteriormente, nos adentramos en las herramientas ERP (Enterprise Resource Planning o Sistemas de Planificación de Recursos). Presentamos sus principales características, ventajas e inconvenientes. Hacemos un repaso por los ERP más populares y en la actualidad y escogemos uno para nuestro proyecto.

En tercer lugar, introducimos los RPA (Robotic Process Automation o Automatización Robótica de Procesos), herramientas extremadamente útiles para liberar al ser humano de realizar tareas repetitivas y que siempre siguen unas reglas fijas. Al igual que en el paso anterior, presentamos beneficios y puntos débiles, principales RPA y nuestra selección.

Una vez presentado esto, ponemos en marcha nuestro caso práctico. Un edificio administrativo en el que realizaremos un mantenimiento centrado en la fiabilidad, apoyándonos en el ERP y RPA.

Finalizamos con conclusiones y líneas futuras a seguir.



This paper is developed in four well differentiated parts. In the first one, we review and introduce the history of maintenance from its origins, later focusing on Reliability-Centered Maintenance (RCM). Later we delve into the characteristics of this methodology and the steps to follow to put it into practice.

Later, we introduce ERP (Enterprise Resource Planning) tools or resource planning systems. We present its main characteristics, advantages and disadvantages. We review the most popular ERPs and currently and choose one for our project.

Third, we introduce RPA (Robotic Process Automation), extremely useful tools to free the human being from performing repetitive tasks and that always follow fixed rules. As in the previous step, we present benefits and weaknesses, main RPA and our selection.

Once this is presented, we start our practical case. An administrative building in which we will carry out maintenance focused on reliability, relying on ERP and RPA.

We end with conclusions and future lines to follow.



<b>Agradecimientos</b>	<b>9</b>
<b>Resumen</b>	<b>11</b>
<b>Abstract</b>	<b>13</b>
<b>Índice</b>	<b>15</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>17</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>19</b>
<b>1 La planificación del mantenimiento preventivo</b>	<b>23</b>
<i>Tipos de mantenimiento</i>	23
<i>El Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM)</i>	25
Historia del Mantenimiento Industrial	25
Definición	29
Aplicación	30
<b>2 ERP</b>	<b>43</b>
<i>Definición de ERP</i>	43
<i>Ventajas de los ERP</i>	44
<i>Desventajas de los ERP</i>	44
<i>Principales ERP</i>	45
<i>Elección del ERP</i>	45
<b>3 RPA</b>	<b>51</b>
<i>Definición de RPA</i>	51
<i>Ventajas de los RPA</i>	52
<i>Desventajas de los RPA</i>	53
<i>Principales RPA</i>	53
<i>Elección del RPA</i>	54
<b>4 Caso Práctico</b>	<b>55</b>
<i>Edificio</i>	55
<i>Aplicación del RCM</i>	62
<i>Gestión Informatizada del Mantenimiento</i>	79
<b>5 Conclusiones</b>	<b>103</b>
<b>6 Líneas futuras</b>	<b>105</b>



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1-1. Matriz de Criticidad	34
Tabla 4-1. Inventario	62
Tabla 4-2. Análisis de Criticidad	75



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1-1. Generaciones del mantenimiento	28
Figura 1-2. Pasos para la aplicación del RCM	31
Figura 1-3. Esquema FMEA	35
Figura 1-4. Árbol lógico de decisión RCM. Fuente Norma SAE JA 1011.	39
Figura 4-1. Esquema del análisis de los modos y efectos de fallos	76
Figura 4-2. Interfaz inicial Odoo	79
Figura 4-3. Aplicaciones Odoo I	79
Figura 4-4. Aplicaciones Odoo II	80
Figura 4-5. Selección aplicación de Mantenimiento	80
Figura 4-6. Registro en Odoo	81
Figura 4-7. Primer acceso a Odoo	81
Figura 4-8. Pantalla de inicio	82
Figura 4-9. Conversaciones	82
Figura 4-10. Aplicaciones	82
Figura 4-11. Vista principal Mantenimiento	83
Figura 4-12. Equipos de Mantenimiento	84
Figura 4-13. Categorías	84
Figura 4-14. Equipos	85
Figura 4-15. Creación de nuevo equipo	85
Figura 4-16. Información del Producto	86
Figura 4-17. Mantenimiento del Equipo	86
Figura 4-18. Vista del Equipo creado	86
Figura 4-19. Primera vista UiPath	87
Figura 4-20. Interfaz de trabajo UiPath	87
Figura 4-21. Diagrama de Flujo Nuevos Equipos	88
Figura 4-22. Excel Application Scope Nuevos Equipos	88

Figura 4-23. Excel Application Scope Nuevos Equipos II	89
Figura 4-24. Excel origen	89
Figura 4-25. Lectura de datos	90
Figura 4-26. Creación variable	90
Figura 4-27. Open Browser Nuevos Equipos	91
Figura 4-28. For Each Row Nuevos Equipos	91
Figura 4-29. Get Row Item Nuevos Equipos	92
Figura 4-30. Type Into Nuevos Equipos	92
Figura 4-31. Send Hotkey Nuevos Equipos	93
Figura 4-32. Guardar y Go Back Nuevos Equipos	93
Figura 4-33. Vista Kanban Equipos	94
Figura 4-34. Vista lista agrupada Nuevos Equipos	94
Figura 4-35. Peticiones de Mantenimiento	94
Figura 4-36. Creación Petición de Mantenimiento	95
Figura 4-37. Petición de Mantenimiento Creada	96
Figura 4-38. Vista Kanban Peticiones	96
Figura 4-39. Diagrama de Flujo Nuevas Peticiones	97
Figura 4-40. Excel Application Scope Nuevas Peticiones	97
Figura 4-41. Excel origen II	98
Figura 4-42. Open Browser Nuevas Peticiones	98
Figura 4-43. For Each Row y Get Row Item Nuevas Peticiones	99
Figura 4-44. Doble Click Nuevas Peticiones	99
Figura 4-45. Type Into y Send Hotkey Nuevas Peticiones	100
Figura 4-46. If/then Nuevas Peticiones	101
Figura 4-47. Guardar y Go Back Nuevas Peticiones	101
Figura 4-48. Peticiones creadas en Kanban	102
Figura 4-49. Peticiones en progreso	102
Figura 4-50. Peticiones en Calendario	102





# 1 LA PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

---

Antes de ahondar en la definición y los propósitos del mantenimiento preventivo, sería conveniente señalar en qué consiste el mantenimiento en un plano más general, y posteriormente profundizar en el tipo específico de mantenimiento objeto del presente trabajo: el mantenimiento preventivo y, en concreto, la metodología RCM.

Según recoge la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) en su norma UNE EN 13306:2018 [1], el mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida.

En esta definición aparecen tres términos clave para el desarrollo de este trabajo: elemento, ciclo de vida y función requerida. Un elemento es toda parte, componente, dispositivo, subsistema, unidad funcional o sistema que pueda describirse y considerarse de forma individual. Por ejemplo, un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI), es un elemento, pues podemos describirlo de manera concisa e individual: dispositivo capaz de proporcionar energía eléctrica en caso de falta de suministro.

El SAI, como cualquier elemento, tiene su ciclo de vida y pasa por diferentes estados desde su concepción hasta su eliminación. Las baterías en las que se apoya su funcionamiento poseen generalmente una vida media de tres años si se hace un uso adecuado de las mismas.

La función requerida de un elemento es proporcionar energía eléctrica en caso de necesidad. La finalidad del mantenimiento consistirá en conseguir que el elemento siempre esté en un estado de disponibilidad que le permita prestar el servicio, evitando la aparición de fallos que provoquen averías.

## Tipos de mantenimiento

Podemos categorizar el mantenimiento en cinco clases principales:

- **Mantenimiento Conductivo:** son el conjunto de verificaciones, registro de parámetros de funcionamiento, consumos, niveles, etc., que se realizan con periodicidad previamente establecida, en función de la actividad del centro, de la criticidad de instalaciones y cargas de trabajo, que tienen como finalidad el adquirir y registrar los parámetros de funcionamiento normal de los equipos, así como detectar variaciones significativas en éstos, lo que suele predecir a un fallo de funcionamiento.
- **Mantenimiento Preventivo:** aquellas comprobaciones, operaciones de ajuste, de limpieza o actuaciones de otra índole, realizadas con frecuencia predeterminada y, que resultan recomendables en base a las instrucciones aportadas por el fabricante, a las condiciones de uso, o a lo vital de los equipos e instalaciones y tendientes a asegurar un correcto funcionamiento y minimización de las paradas de los equipos e instalaciones objeto del

mismo.

- **Mantenimiento Técnico-Legal:** aquellas operaciones de mantenimiento, mediciones, comprobaciones o actuaciones de otra índole que deberán de ser llevadas a cabo con una frecuencia determinada en aquellos equipos que lo precisen según la normativa que les resulta de aplicación.
- **Mantenimiento Correctivo:** aquellas operaciones tendientes a reestablecer las condiciones normales de funcionamiento de equipos o instalaciones, ante una parada por avería, desajuste o rotura de estos.
- **Mantenimiento Predictivo:** su objetivo es conocer permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinados datos representativos de la instalación. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar aquellas variables físicas cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y de un grado alto de conocimiento de la instalación.

Este trabajo se centrará principalmente en el mantenimiento preventivo, que bien ejecutado y planificado reporta dos beneficios principales:

1. Aumento de la disponibilidad de las instalaciones
2. Ahorro en costes a largo plazo.

El mantenimiento preventivo involucra varias tareas como la generación de diagnósticos que permitan adelantarse a posibles fallos. Es necesario diseñar procedimientos que permiten tener bajo control los problemas típicos o recurrentes, de tal forma que un trabajo de estas características tiende a simplificarse, ahorrando tiempos y movimientos. El mantenimiento preventivo tiene la característica de ser cíclico, de esta manera la posibilidad de un mantenimiento correctivo se reduce considerablemente.

Para una empresa cuya actividad principal se centre en la producción de bienes materiales, tangibles y cuantificables, es evidente la repercusión económica que llevaría consigo no tener un plan de mantenimiento preventivo adecuado. Si no se realizan aquellas tareas necesarias para evitar fallos que produzcan averías, la producción se puede ver frenada en seco mientras se lleven a cabo trabajos correctivos evitables.

El mantenimiento preventivo no solo es esencial en estos casos, podemos encontrarnos el ejemplo de empresas o instalaciones que no generan un bien tangible pero que desarrollan una actividad esencial, como colegios u hospitales. Un hospital no produce bienes materiales, no teme por una cadena de producción que se pueda ver afectada. Sin embargo, las consecuencias de un corte eléctrico podrían ser irreparables para las personas. Es por esto por lo que el mantenimiento preventivo se vuelve aún más imprescindible en el ámbito sanitario.

Esta criticidad, entre otros motivos, empuja a este tipo de instalaciones, normalmente gestionadas por organismos públicos, a externalizar el servicio de mantenimiento a empresas especializadas. Esta práctica es habitual y se lleva a cabo también en otros servicios auxiliares como la limpieza o la

vigilancia.

## **El Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM)**

Con el avance de la tecnología y la globalización de la misma en la práctica totalidad de los ámbitos de nuestra vida, nos encontramos con entornos de fabricación y de producción cada vez más sofisticados y costosos. Cada vez es mayor la dependencia de estos sistemas para el desarrollo de los trabajos en todos los sectores de la economía. La combinación de coste y necesidad, ha provocado una mayor demanda de las tareas de mantenimiento, provocando a organismos y empresas una mayor inversión y preocupación en el mismo [2].

Dentro de la manera de abordar esta inversión, podemos clasificar a las empresas en dos grandes categorías:

- **Enfoque Cortoplacista:** basado en aplicar políticas o servicios puntuales en función de la necesidad en el momento concreto, sin un plan establecido, ni un seguimiento a varios años. Un ejemplo claro es subcontratar el mantenimiento a una empresa externa por un periodo determinado. Esta es la práctica más extendida entre los organismos públicos.
- **Enfoque a Largo Plazo:** seguir un plan establecido basado en la ingeniería de mantenimiento. Constituir este servicio como una parte más de la actividad productiva del día a día, dotándolo de recursos humanos y materiales e invirtiendo en la mejora continua del mismo.

El Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM) se encuentra englobado en este segundo grupo, y es considerado una herramienta eficaz y fiable para mejorar y optimizar el mantenimiento en las empresas y administraciones.

La base de su éxito radica en que se centra en el análisis del posible impacto que puede provocar un fallo de un equipo en la seguridad de las personas, la productividad o el medioambiente, permitiendo centrar esfuerzos en aquellos de mayor impacto.

Como se puede comprobar, a priori, esta definición hace del RCM una metodología aplicable y recomendable en entornos críticos y de gran exigencia.

## **Historia del Mantenimiento Industrial**

En cualquier entorno productivo es necesario realizar un mantenimiento acorde y personalizado al proceso que realiza, evitando emplear modelos genéricos o particularizados para otras empresas o compañías. Para esto es necesario conocer los aspectos técnicos relacionados con la producción, la gestión y la organización de la empresa, considerando siempre factores económicos.

El ser humano llegó a esta conclusión con el aumento imparable de la complejidad de los equipos encargados de la producción y la demanda creciente de productos, cada vez con una mayor calidad exigida. El mantenimiento industrial ha ido evolucionando a lo largo de los siglos dependiente siempre del contexto histórico y productivo del momento, adaptándose a las exigencias del mercado y el desarrollo industrial. A continuación, presentamos la evolución histórica del mantenimiento desde las primeras generaciones hasta los sistemas de gestión modernos [3].

La mayoría de referencia bibliográficas de las que disponemos sobre la evolución del mantenimiento concluyen, en su mayoría, en establecer tres generaciones del mantenimiento en el siglo XX, que, aunque no tienen una clara diferencia temporal o punto de inflexión definido, muestran de manera clara el cambio de tendencia y la evolución de las técnicas [4].

El motivo porque no existe esta diferenciación clara se debe, entre otros factores, al distinto ritmo de evolución que sufren los diferentes sectores. El sector aeronáutico siempre ha ido por delante al resto de sectores, y es donde se ha experimentado con las primeras tecnologías predictivas.

Con la Revolución Industrial comenzó la utilización de las primeras máquinas en la producción y, por tanto, aparecieron las primeras tareas de reparación. En este primer escenario, no se contemplaba considerar a personal de mantenimiento cualificado dentro de las plantillas, ni desarrollar planes de mantenimiento, siendo claramente predominante el mantenimiento correctivo.

A comienzos del siglo XX, ya se comienza a monitorizar en el sector aeronáutico las primeras estadísticas sobre fallos y paradas, y desde entonces comienza en las grandes compañías productoras la preocupación por paradas inoportunas y, por consiguiente, de la disponibilidad de los equipos y la producción.

Durante la Primera Guerra Mundial y con la implantación de la producción en serie, promocionada por Ford, se comienzan a establecer programas mínimos de producción y surge la necesidad de formar equipos especialidades en mantenimiento que sean capaces de solucionar averías en el menor tiempo posible, es decir, mantenimiento correctivo [5].

Este tipo de mantenimiento presenta grandes inconvenientes si el equipo se encuentra dentro de la línea de producción, cada minuto de paralización representa una pérdida igual a la cantidad de tiempo paralizado, por el rendimiento de la fábrica, por el valor de la producción. Es por ello que muchas veces la calidad de la reparación se ve afectada, por la necesidad de reparar rápido antes de reparar definitivamente y estas malas intervenciones de reparación devienen otras por las necesidades de producción y se crea así un círculo de roturas, que generan costes elevados y bajan la disponibilidad.

A esta primera etapa, que dura hasta la II Guerra Mundial, se le conoce como la Primera Generación del Mantenimiento.

El avance tecnológico impulsado desde el ámbito militar, la disminución de la mano de obra y el aumento de la demanda de la mayoría de productos, provocó un cambio de paradigma en el mantenimiento durante la II Guerra Mundial [7].

Es en este punto cuando se comienza a hacer evidente la dependencia de los equipos a la hora de producir. El coste de tener una máquina no disponible ya no era poco relevante frente a la producción y esto provocó dentro del entorno industrial la inquietud de tener la capacidad de anticiparse al fallo, dando lugar al mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo, durante los años 60, se limitaba realizar una revisión completa a los equipos de manera periódica.

Este mantenimiento preventivo, aún en desarrollo, conllevaba todavía elevados costes de mantenimiento. Esto implicó la necesidad de evolucionar y ahondar en la idea, profundizando en la planificación de las tareas y el control de las mismas. El hecho de realizar recambios cada cierto tiempo, originó costes adicionales, pues con frecuencia se cambiaban piezas que aún disponían de vida

útil y por otro lado se aplicaba la idea errónea de que “si un poco de aceite es bueno, más aceite debe ser mejor” incurriendo en gastos excesivos de lubricantes [8].

Por tanto, la aplicación del mantenimiento preventivo provocó un aumento del gasto en piezas y consumibles del mantenimiento de los equipos cada cierto tiempo. La efectividad del mantenimiento preventivo puede ser óptima, siempre que se tenga en cuenta la probabilidad y distribución en el tiempo de los fallos particularizando para cada equipo, no haciendo un mantenimiento periódico genérico.

Esta etapa, conocida por la aplicación del mantenimiento preventivo, se denomina Segunda Generación del Mantenimiento, y duró aproximadamente hasta los años 70.

Con el paso de los años, avanzados los años 70, la tendencia creciente de la tecnología y la automatización de los procesos no freno en su avance, haciendo todavía más evidente la necesidad de un mantenimiento eficaz. Los costes asociados a los tiempos de parada se han convertido ya en un riesgo inasumible en la mayoría de empresas, la automatización ha aumentado la calidad y el número de productos, pero también la dependencia de la tecnología.

Se comenzaron a desarrollar en ese momento las técnicas destinadas a la predicción del fallo, buscando anticiparse a estos antes de que aparezcan. Al mantenimiento que utiliza herramientas y técnicas de medición de parámetros físicos, para la inspección a los equipos en intervalos regulares, tomando acciones de prevención de fallas antes de su ocurrencia, se le denomina mantenimiento predictivo [6].

Con la aparición del Mantenimiento Predictivo se comienzan también a utilizar cada vez con mayor frecuencia términos como Disponibilidad y Fiabilidad, para medir la eficacia del mantenimiento. El uso del mantenimiento predictivo consiste en asociar según el histórico de un equipo, la relación entre una variable y la vida útil de un equipo. Por ejemplo, la relación entre el número de kilómetros recorridos por un coche y la vida útil de la correa de distribución.

Podemos afirmar que el mantenimiento preventivo combina los mantenimientos propios de generaciones anteriores. Mediante tareas programadas propias del preventivo, se obtienen pruebas que nos permiten conocer dónde y cuándo realizar tareas propias del correctivo, de forma planificado, y esto conlleva un aumento de la Disponibilidad y la Fiabilidad, aumentando la producción.

A la etapa caracterizada por el mantenimiento preventivo se le denomina Tercera Generación del Mantenimiento.

Podemos resumir los medios y objetivos de las tres Generaciones en el siguiente gráfico [4]:

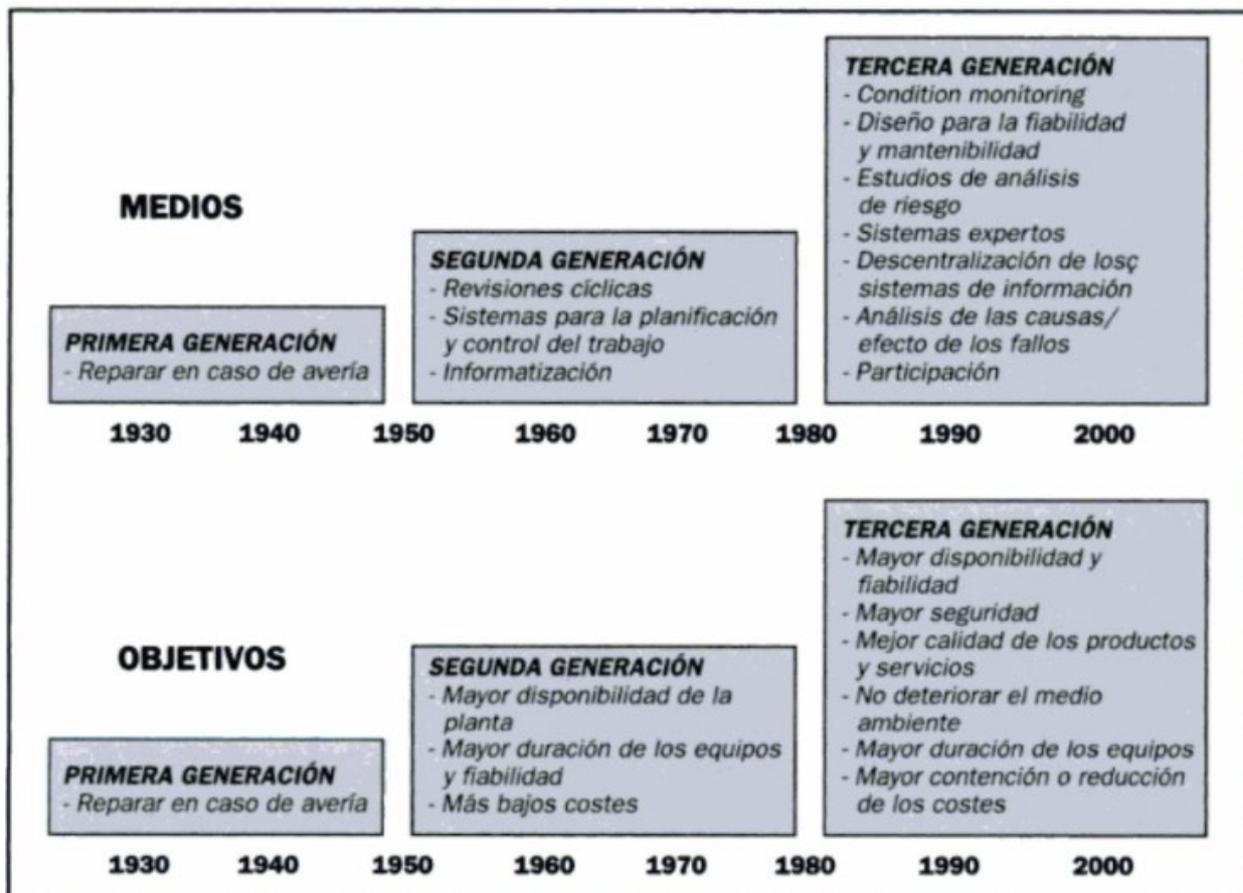


Figura 1-1. Generaciones del mantenimiento

Paralelamente a estos avances, se ponen en cuestión algunas teorías más que establecidas relativas al mantenimiento, como por ejemplo la relación directa entre tiempo de funcionamiento y sus posibilidades de fallo. En este entorno, nace el mantenimiento predicativo, y ya a finales de los 70 se comienzan a poner en prácticas metodologías como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (RCM).

La Gestión de Calidad Total es una estrategia orientada a crear conciencia de calidad en todos los procesos organizacionales. Tras la Segunda Guerra Mundial, se empiezan a aplicar en Japón estos conceptos

Los conceptos de Calidad del Dr. W. Edwards Deming en Japón poco después de terminada la Segunda Guerra Mundial, mostraron a los japoneses cómo podían controlar la calidad de sus productos durante el proceso, mediante estadísticas. La combinación de estos análisis y sus resultados directos en la Calidad, con la ética de trabajo del pueblo japonés, hizo que se creara toda una cultura de calidad. De ahí surgió la Gestión de la Calidad Total (TQM) (Total Quality Management) [8].

Cuando se intentó introducir el mantenimiento dentro del TQM, parecía no terminar de encajar muy bien, hasta que en no parecían encajar en el proceso, hasta que Seiichi Nakajima, funcionario del Instituto Japonés del Mantenimiento, en 1969, desarrolla por primera vez los conceptos de TPM en la planta de Toyota, y se extienden por todo el país en los años 70.

El TPM promueve además la participación de todos los empleados en pro de la empresa, lo cual al final se traduce en una mejora en la producción, el flujo y el aprovechamiento del capital humano. El éxito que tuvo el TPM en Japón, se extendió rápidamente a otros lugares del mundo; siendo adoptado por compañías como AT&T, Ford, Volkswagen, Renault, Kodak y Timken [9].

Este mantenimiento se orienta a un sistema productivo con cero accidentes, cero defectos y cero pérdidas. Todo esto conduce a una fiabilidad mayor y a un aumento de la productividad y la seguridad. El nivel de eficacia que establece Seiichi Nakajima en 1991 para el TPM es:

- Mínima disponibilidad del equipo 90%
- Eficiencia del desempeño 95%
- Porcentaje de Productos de Calidad 99%

Y multiplicando los tres factores obtenemos la Eficiencia total =  $0,90 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,85$ . Para alcanzar estos altos niveles de eficacia, es necesario definir las actividades que de forma organizada y sistemática debe realizar el equipo de mantenimiento. Estas actividades pueden agruparse en dos grupos [10]:

- Higienización: relacionado con el orden y la limpieza del entorno y los útiles de trabajo. Relacionado con el concepto del 5S.
- Vigilancia, reglajes de máquinas y útiles, reparación

Por su parte, El RCM surge, entre los 60 y los 70, en el sector aeronáutico en Estados Unidos, como respuesta ante la necesidad de una mayor fiabilidad. Su finalidad principal es ayudar a la empresa a determinar políticas adecuadas encaminadas a la mejora de las funciones de los activos físicos y manejar sus fallos [6].

El éxito de su implantación en la aviación fue total. Durante casi dos décadas en la que el tamaño y complejidad de los aviones, así como los costes de operación incrementaron, los costes unitarios de mantenimiento se mantuvieron. Y todo esto, unido al aumento de la seguridad en vuelo.

Este éxito provocó la extensión de la metodología, adaptándose a otros sectores con necesidades similares, como el transporte marítimo o la minería, siendo positiva su implantación en todos ellos, aumentando disponibilidad y disminuyendo costes.

Cabe destacar que el RCM se encuentra en permanente revisión debido a la disparidad de tecnologías y sectores, así como el propio avance de los mismos.

## **Definición**

Tal y como expone Moubray [6], el Mantenimiento Centrado en Fiabilidad es un método empleado para determinar las necesidades de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto de operación. Nos sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes (críticos) de un contexto operacional concreto y su éxito radica principalmente en el análisis funcional de los activos, realizado por un equipo natural de trabajo.

Si se aplica correctamente, el RCM transforma las relaciones entre las empresas que lo emplean, los activos físicos existentes, y el personal que opera y mantiene esos activos. También permite poner en funcionamiento nuevos activos con gran velocidad, seguridad y precisión.

EL RCM está definido por la norma técnica SAE JA1011, "Criterios de evaluación para procesos RCM" que establece los criterios mínimos que debe cumplir cualquier proceso antes de que pueda llamarse RCM. Esto comienza con las siete preguntas siguientes, resueltas en el orden en que se enumeran:

1. ¿Qué se supone que debe hacer el artículo y cuáles son sus estándares de desempeño asociados?
2. ¿De qué manera puede fallar en proporcionar las funciones requeridas?
3. ¿Cuáles son los eventos que causan cada fallo?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo?
5. ¿De qué manera importa cada fallo?
6. ¿Qué tarea sistemática se puede realizar de forma proactiva para prevenir o disminuir de manera satisfactoria las consecuencias del fallo?
7. ¿Qué se debe hacer si no se puede encontrar una tarea preventiva adecuada?

### **Aplicación**

Como paso previo a la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, sea cual sea el sector, es imprescindible conocer qué tipo de activos tenemos y diferenciar cuáles de ellos serán objeto de revisión del RCM. Esto implica elaborar, si no lo está ya, un completo y actualizado inventario de los equipos disponibles.

Una vez realizado este paso, podemos comenzar con la implantación del RCM siguiendo los siguientes pasos:

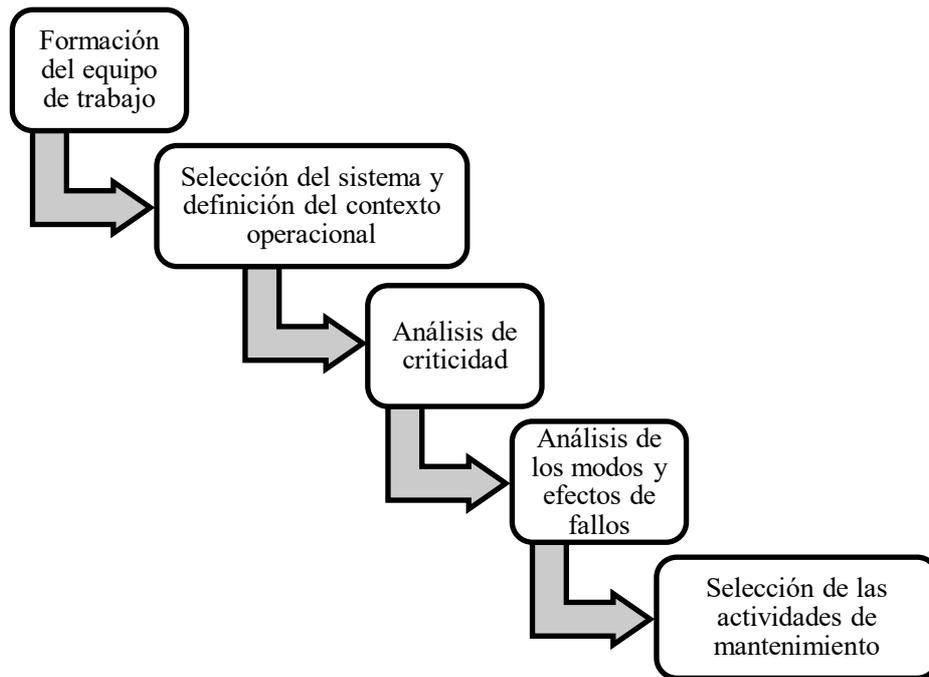


Figura 1-2. Pasos para la aplicación del RCM

### 1. Formación del equipo de trabajo.

Formar, dentro de la organización, y con diferentes perfiles y visión, a un equipo humano con el objetivo de dar respuesta a las 7 preguntas básicas presentadas anteriormente.

Es aconsejable, que el equipo no esté formado únicamente por personal de mantenimiento, sino que haya también personal que trabaje directamente con el equipo, personal de operaciones o producción, ya que nadie dentro de la organización va a conocer en mayor detalle el funcionamiento del equipo y las consecuencias de los posibles fallos.

Igualmente, es preferible no formar grupos ni demasiado numerosos ni demasiado limitados. Para que todo el personal involucrado tenga peso en las decisiones a tomar. Esto implica, por norma general e idealmente, grupos de 5 o 6 personas.

Según Moubray [6], los siguientes perfiles deben estar incluidos en los equipos de trabajo:

- Personal de Operación: experto en manejo de sistemas y equipos, las personas que viven el día a día de la operación de los equipos son una valiosa fuente de información.
- Personal de Mantenimiento: expertos en reparación y mantenimiento de sistemas y equipos.
- Ingeniero de Procesos: aporta visión global de los procesos.
- Programador: aporta visión sistémica de la actividad.
- Especialista externo: experto en un área específica. En ocasiones, también es interesante incluir al fabricante de equipos como especialista.

- Facilitador: asesor experto en la metodología RCM.

Con el objetivo de facilitar la comunicación y el flujo de información dentro del equipo de trabajo, es aconsejable que las reuniones se desarrollen en un ambiente de diálogo y debate, sin jerarquías dentro del equipo, en el que cada uno aporta de su experiencia y conocimiento. El consenso es la clave según Moubray para que el equipo funcione.

Dentro del grupo, el facilitador ha de tener el perfil y las habilidades más importantes. Esto influirá tanto en el ritmo como en la calidad de la implantación del RCM. Las características principales que debe cumplir el perfil del facilitador son: amplia capacidad de análisis, alto nivel técnico, alto desarrollo de cualidades personales como liderazgo, credibilidad, seguridad, confianza, y habilidades para conducir reuniones de trabajo, es decir, tener facilidad para comunicarse.

Tendrá como tarea principal hacer de guía dentro del grupo durante el proceso e implantación, asegurándose de que se realiza de manera ordenada y efectiva. Esto incluye las siguientes tareas:

- Guiar al equipo de trabajo en la realización del análisis de los modos y efectos de fallos (FMEA), que será explicado más adelante, y en la selección de las actividades de mantenimiento.
- Ayudar a decidir a qué nivel debe ser realizado el análisis de modos y efectos de fallos.
- Ayudar a identificar los activos que deben ser analizados bajo la metodología RCM.
- Asegurar que las reuniones de trabajo sean conducidas de forma profesional y se lleven a cabo con fluidez y normalidad.
- Asegurar un verdadero consenso en las decisiones.
- Motivar al equipo de trabajo.
- Asegurar que toda la documentación a registrar durante el proceso de implantación del RCM sea conducida correctamente.

## **2. Selección del sistema y definición del contexto operacional.**

Una vez definidos los equipos de trabajo, es el momento de seleccionar los sistemas o equipos sobre los que se va a aplicar la metodología RCM. Esto implica en primer lugar determinar la parte de nuestras instalaciones a estudiar y, en segundo lugar, delimitar las mismas determinando su composición hasta el nivel que se considere indivisible.

Para establecer el sistema o sistemas a los que se va a aplicar el método RCM, definir sus límites y su estructura es necesario responder a las dos preguntas:

1.- ¿Cuál debería ser el nivel de detalle que se requiere para realizar el análisis de los modos y efectos de fallos del sistema seleccionado?

En este paso es muy importante saber diferenciar el grado de división existente dentro de nuestra

organización, es por ello que vamos a presentar ejemplos de diferentes niveles de detalle de mayor a menor:

- Parte: representa el nivel más bajo de detalle al cual un equipo puede ser desensamblado sin que sea dañado o destruido. Ejemplos: engranajes, bolas de cojinetes, ejes, resistores, chips... (El tamaño no es el criterio a considerar para establecer qué elemento constituye una parte de un equipo determinado).
- Equipo: nivel de detalle constituido por un grupo o colección de partes ubicadas dentro de un paquete identificable, que cumple al menos una función relevante como ítem independiente. Ejemplos: válvulas, motores, bombas, compresores, etc.
- Sistema: nivel de detalle constituido por un grupo lógico de equipos que cumplen una serie de funciones requeridas por una organización. La mayoría de los sistemas están agrupados en función de los procesos más importantes. Ejemplos: sistema de generación de vapor, de tratamiento de aguas, de condensado, de protección, etc.
- Planta: nivel de detalle constituido por un grupo lógico de sistemas que funcionan en conjunto para proveer un producto o servicio por procesamiento o manipulación de materiales o recursos.
- Área: nivel de detalle constituido por un grupo lógico de plantas que funcionan en conjunto para proveer varios productos o servicios de una misma clase o de distintas clases. Por ejemplo, un grupo de plantas de hidrógeno que constituye un área denominada "Complejo de Hidrógeno".

La experiencia nos dice que el nivel de detalle idóneo suele ser el "sistema". En primer lugar, porque no es un nivel de detalle demasiado alto que podría suponer un grado notable de complejidad, ni bajo que implicaría un estudio demasiado superficial. En segundo lugar, porque las organizaciones suelen tratar los sistemas como bloques funcionales y es habitual disponer de información detallada de los mismos.

2.- ¿Debería ser analizada toda el área seleccionada, y si no es necesario, que debería hacerse para seleccionar la parte a analizar y con qué prioridad deben analizarse cada una de las partes?

Una vez contestada la primera pregunta, en esta segunda el equipo de trabajo deberá decidir entre los diferentes sistemas, cuales son de mayor importancia y/o criticidad.

### **3. Análisis de criticidad**

Esta metodología nos permite establecer una jerarquía entre componentes de un mismo nivel de detalle en función del impacto que tengan los mismos sobre el proceso productivo que estamos estudiando. Esto permite realizar una óptima asignación de recursos. La criticidad mide el riesgo en la operación de un equipo, y depende de la probabilidad y severidad de un modo de fallo. Para realizar el análisis de criticidad es necesario:

Los pasos a realizar son:

1. Identificación de equipos a estudiar, ya realizado en anteriores etapas
2. Definición de alcance y objetivos del análisis, jerarquía, nivel y profundidad al que se quiere aplicar el estudio.
3. Selección del grupo de trabajo, ya realizado en anteriores etapas
4. Recogida de datos y aplicación de las fórmulas de criticidad.

Para cuantificar la criticidad de un equipo podemos usar la siguiente expresión que relaciona frecuencia y consecuencia de un fallo:

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia} * \text{consecuencia}$$

La consecuencia a su vez la podemos desagregar en el impacto que tiene el fallo sobre su entorno, y sobre la producción:

$$\begin{aligned} \text{Consecuencia} &= \text{Impacto Operacional} + \text{Flexibilidad} + \text{Coste Mto} \\ &+ \text{Impacto Seguridad, Ambiente, Higiene} \end{aligned}$$

Es habitual expresar los resultados de este planteamiento en una matriz de criticidad, como la siguiente:

FRECUENCIA	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
		1	2	3	4	5
		CONSECUENCIA				

Tabla 1-1. Matriz de Criticidad

Donde se representa, en el eje vertical la frecuencia con crecimiento ascendente frente a la consecuencia en sentido creciente a la derecha.

## Contexto operacional

También es necesario identificar y diferenciar los sistemas según el contexto operacional en el que se encuentran. Esto hace necesario identificar:

- Resumen Operativo: propósito del sistema a analizar.
- Personal: Especificar turnos de trabajo y trabajos realizados sobre el sistema.
- División de Procesos: Especificar la división del proceso en sistemas, definir los límites y listar los componentes de los mismos, incluyendo indicadores y dispositivos de seguridad.

### 4. Análisis de los modos y efectos de fallos (FMEA).

El Análisis de los Modos y Efectos de Fallos (FMEA en sus siglas en inglés) es una herramienta básica para la implantación del Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, ya que nos permitirá responder a las 5 primeras preguntas básicas:

1. ¿Qué se supone que debe hacer el artículo y cuáles son sus estándares de desempeño asociados?
2. ¿De qué manera puede fallar en proporcionar las funciones requeridas?
3. ¿Cuáles son los eventos que causan cada fallo?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada fallo?
5. ¿De qué manera importa cada fallo?

El FMEA nos permitirá identificar los modos en los que puede fallar un activo dentro de un sistema, y conocer las posibles consecuencias de los mismos en función de los criterios básicos que rigen el RCM. Para alcanzar este nivel de conocimiento en preciso seguir el siguiente esquema:

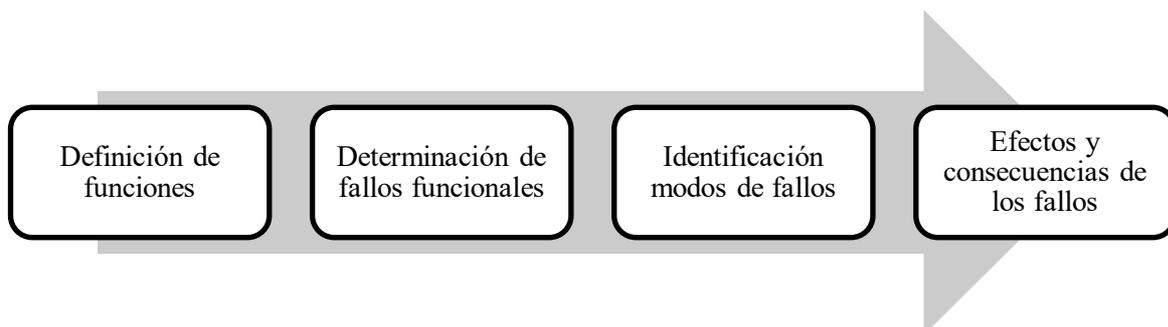


Figura 1-3. Esquema FMEA

## Funciones

La función es la misión o propósito de un activo dentro de un contexto operacional. Podemos clasificar las funciones según los siguientes criterios:

- **Funciones Primarias:** función que el activo ha de cumplir dentro de un proceso. Normalmente vienen definidas por el propio nombre del activo. Por ejemplo, la función primaria de una bomba es bombear un determinado fluido.
- **Funciones Secundarias:** funciones que el activo está capacitado para cumplir en adición a las salidas principales descritas por las funciones primarias. Entre las funciones secundarias más características están:
  - **Contención:** La mayoría de los activos cuyas funciones primarias son la transferencia de material, especialmente si es un fluido, tienen que contener a su vez a estos materiales.
  - **Soporte:** Algunos activos tienen una función secundaria estructural de soporte. Por ejemplo, la función primaria de un edificio es proteger a personas, pero además sirve de soporte del techo del mismo.
  - **Apariencia:** La apariencia de algunos activos envuelve funciones específicas. Por ejemplo, la función primaria de la pintura de los equipos industriales es proteger frente a la corrosión, por otro lado, una pintura de color brillante puede ser usada para mejorar la visibilidad del mismo por razones de seguridad.
  - **Higiene y Seguridad:** Los activos deben ser capaces de operar de forma segura y limpia.
- **Funciones de Protección:** Existen equipos que tienen como misión proteger en primera instancia a las personas de los posibles efectos de los fallos y posteriormente proteger a los activos.
- **Funciones de Control:** El patrón de funcionamiento de los equipos de control consiste en tomar mediciones con dispositivos especiales, que se encargan de captar señales de temperatura, presión, flujo, etc., las cuales serán traducidas en valores específicos y comparadas con rangos normales de operación, permitiendo de esta forma controlar y vigilar el buen funcionamiento de los distintos procesos.
- **Funciones Subsidiarias:** Son funciones realizadas en el proceso principal por equipos especiales adecuados a procesos específicos que no están relacionados directamente con el producto final del proceso principal.

Una vez identificadas la función de un activo, es responsabilidad del equipo de trabajo identificar aquellos estándares de ejecución que permitan analizar y cuantificar de manera clara e inequívoca si la función se está realizando de manera correcta. Un mismo activo puede tener más de un estándar de ejecución.

Los estándares de ejecución están normalmente relacionados con las salidas de cada función del sistema, es decir, con el desempeño de la función esperada del sistema, aunque existen otros estándares de ejecución tales como calidad del producto, seguridad, eficiencia energética y medio ambiente, entre otros.

## ***Fallos funcionales***

Toda vez que el equipo de trabajo tenga correctamente identificadas las funciones y estándares de ejecución de los activos estudiados, es necesario analizar cómo dichos activos pueden dejar de cumplir sus funciones. Esta pérdida de función se denomina fallo funcional.

Un fallo funcional se define como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el funcionamiento esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña. El nivel de insatisfacción producido por causa del fallo funcional dependerá de las consecuencias que pueda generar la aparición de dicho fallo dentro del contexto operacional.

Un fallo funcional puede provocar una pérdida parcial o total de una función. La pérdida total implica la parada por completo y de manera inesperada del activo, mientras que la parcial no detiene el activo, pero si provoca que este no pueda cumplir su cometido de manera normal y según los estándares de ejecución definidos.

## ***Modos de fallos***

El modo de fallo se define como la causa física que origina el fallo funcional. Es decir, el modo de fallo es el que provoca la pérdida de la función del activo. Algunos ejemplos son la corrosión, lubricación incorrecta o un uso incorrecto.

Las tareas de mantenimiento preventivo deben ir enfocados a los modos de fallo, ya que un enfoque al propio fallo funcional estaría atacando la consecuencia en lugar de la causa. Como se ha explicado anteriormente en el contexto histórico, esta es una de las principales diferencias del RCM frente al enfoque tradicional del mantenimiento.

Una vez identificados los modos de fallo, el equipo de trabajo deberá averiguar e identificar de manera clara lo que sucederá dentro del contexto operacional si se da el modo de fallo, es decir, identificar y describir de manera explícita los efectos.

Para identificar estos efectos, el equipo se puede apoyar en las siguientes preguntas:

1. ¿Es evidente que el modo de fallo ha ocurrido? Es importante incluir en la descripción si el efecto del fallo es fácil de identificar mediante algún tipo de manifestación como puede ser un ruido, o por el contrario pasa inadvertido.
2. ¿Cómo afecta la ocurrencia del modo de fallo a la seguridad? Se debe conocer si la consecuencia del fallo implica poner en riesgo la seguridad humana y ambiental.
3. ¿Cómo afectaría a la producción? La consecuencia sobre la producción puede presentarse de maneras diversas y ninguna de ellas favorables para la empresa. Puede provocar una ralentización de la producción, impidiendo cumplir con plazos de entrega, o incluso provocar un paro total de la producción. Se puede manifestar disminuyendo la calidad del producto final. Si el fin del proceso es un servicio puede afectar a la salud de las personas.

Una vez identificados los efectos y consecuencias del fallo, el contexto operacional, el estándar de ejecución deseado y las consecuencias físicas nos permitirán definir el impacto del mismo.

## **5. Selección de las actividades de mantenimiento.**

Identificados los modos y efectos de fallos, el equipo de trabajo deberá definir aquellas tareas de mantenimiento destinadas a prevenir su aparición.

Para ello se apoyará en el árbol lógico de decisión de RCM, esta es una herramienta que permite identificar las actividades adecuadas para evitar los modos de fallo o minimizar sus efectos.

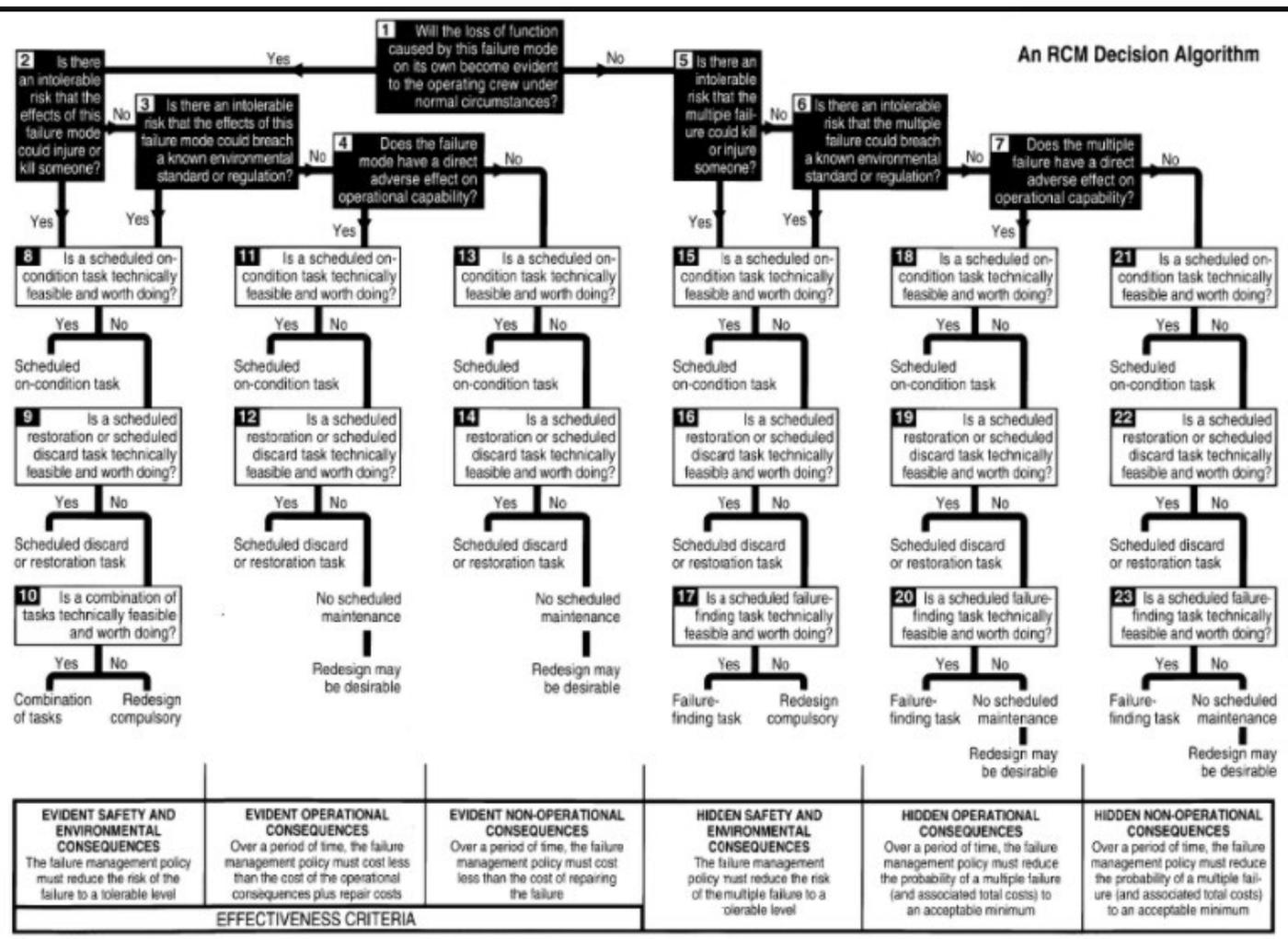


Figura 1-4. Árbol lógico de decisión RCM. Fuente Norma SAE JA 1011.



Como hemos visto, los resultados de estos árboles de decisión pueden ser:

- Tareas basadas en la condición, o predictivas, que pueden funcionar sin necesidad de trasladar el equipo y, a menudo, sin necesidad de detenerlo o aprovechando una parada ya prevista; dan como resultado el indicio de un fallo con el tiempo suficiente para planificar su reparación.
- Tareas basadas en tiempo, o preventivas, requieren detener la máquina y, a menudo, trasladarla hasta un taller; sustituye todos los componentes previstos, incluso los que se encuentran en buenas condiciones, y genera una carga de trabajo que a veces no es necesaria.
- Tareas de búsqueda de fallos, trata de encontrar el fallo oculto, aunque asume que puede pasar un cierto tiempo desde el fallo a su localización.
- Combinación de tareas, se aplican cuando una sola tarea de mantenimiento no reduce el riesgo a valores aceptables.
- Funcionar hasta fallar, es la solución más rentable cuando el riesgo se encuentra en valores aceptables, ya que aprovecha al máximo la vida de los componentes.
- Cambio de diseño, pueden tratarse tanto de cambios de diseño en el equipo como en el proceso o las operaciones. Antes de plantearlo se debe tener en cuenta que son lentos y complejos de diseñar e implantar con el equipo en marcha, que habitualmente son caros y que hay un riesgo de que no sea capaz de reducir el riesgo del fallo.



## 2 ERP

---

En este segundo apartado, nos adentraremos en la tecnología que dará soporte al servicio de mantenimiento. Definiremos qué es un ERP, sus puntos fuertes y carencias, así como los principales del mercado y el elegido para nuestro trabajo. Una vez presentada la herramienta a utilizar, explicaremos su uso y desarrollaremos tareas de mantenimiento en su interfaz.

### Definición de ERP

Los ERP (Enterprise Resource Planning en inglés, Sistema de Planificación de Recursos en castellano), son una evolución histórica de los software y sistemas de planificación de materiales, comúnmente conocidos como MRP (Material Requirement Planning) [11], que tenían principalmente dos objetivos:

- Control del inventario
- Planificar la compra, producción y entrega a cliente

Como la mayoría de los avances de la era moderna, el desarrollo de los primeros sistemas de planificación tuvo su origen en la industria militar. Durante la Segunda Guerra Mundial, el gobierno de los Estados Unidos fue pionero en la implantación de los mismos para gestionar material bélico.

El salto al mundo empresarial se produjo ya avanzada la década de los 50. Las empresas observaron que mejoraban su organización y productividad y se comenzó a incorporar nuevas funcionalidades, de administración económica principalmente.

En la década de los 80, se evoluciona al MRP II, añadiendo nuevas funcionalidades como la gestión de empleados.

Finalmente, en los años 90, con la aparición de nuevas herramientas como la planificación del mantenimiento aparece el término ERP, y se comienza a apostar por modelos de suscripción por el uso del servicio o SaaS (Software as a Service).

Las áreas normalmente gestionadas por los sistemas ERP son:

- Producción
- Logística
- Distribución
- Inventario
- Facturas
- Contabilidad

Pero pueden intervenir en muchas otras actividades como recursos humanos, inventarios, calidad o mantenimiento.

Es habitual catalogar a los sistemas ERP de back office (trastienda), ya que el cliente final no tiene acceso a él, pero trata directamente con los proveedores. En este sentido, cabe destacar que conforme los ERP fueron creciendo y adquiriendo funcionalidades, absorbieron a los CRM o sistemas de gestión de relación con el cliente.

Podemos definir tres características principales que distinguen a los ERPs de cualquier otro programa empresarial:

1. Modulares. Una empresa está formada siempre por diferentes departamentos entre los que fluye la información y a partir de los cuales surgen los diferentes procesos. Los ERP cuentan con diversos módulos interconectados entre sí, que facilitan su uso e interpretación frente a la realidad de la empresa.
2. Configurables. Los módulos del ERP son adaptados mediante código a las necesidades de cada empresa en particular. Es posible que una empresa necesita de un mismo módulo características que para otra sean innecesarias.
3. Especializados. Los ERP aportan soluciones específicas a cada una de las necesidades de sus clientes. Esta suele ser la gran problemática de las empresas, ser capaz de desgajar los datos propios y desarrollar las necesidades específicas que requieren de esta solución.

## Ventajas de los ERP

Presentamos a continuación las principales ventajas de la implantación de un sistema ERP [12]:

**Ahorro a largo plazo:** una correcta implantación del ERP y conocimiento del funcionamiento del mismo y de la empresa, redundan en una gestión más eficiente de las actividades resultando en una disminución de los costes.

**Productividad de los empleados:** los sistemas ERP permiten automatizar muchos de los procesos, así como eliminar trabajos duplicados, permitiendo a los operarios centrarse en las actividades de mayor valor añadido.

**Toma de decisiones:** el sistema de planificación de los recursos nos permite unificar, ordenar y catalogar todos los datos de las diferentes áreas de la empresa, lo que permite una visualización y análisis más sencilla.

**Calidad en la relación con el cliente:** detección de lotes defectuosos, reducción de tiempos, aumento en la calidad de la trazabilidad del producto.

**Seguridad:** la información relevante de la empresa se encuentra centralizada y es habitual la realización de copias de seguridad con la periodicidad que se estime oportuno.

**Estandarización:** los sistemas ERP contienen numerosas plantillas que ayudan a estandarizar aquellos procesos repetitivos y comunes dentro de las diferentes áreas de la empresa.

## Desventajas de los ERP

A la hora de implantar un sistema ERP, no todo son ventajas, ni el proceso es sencillo. Algunos de los principales inconvenientes son los siguientes:

**Elevado coste:** no solo de adquisición de la licencia del sistema ERP, también hay que contar con la implantación, formación, mantenimiento, etc.

**Fiabilidad de la información:** la eficacia del ERP puede no ser la deseada si no se administra la información debidamente, ya sea por falta de datos, errores en los mismos o discordancias en la información entre departamentos.

**Visión integral de la organización:** como hemos especificado anteriormente, los ERPs son modulares y están enfocados a los diferentes departamentos que conforman la compañía. En ocasiones, esto hace muy sencillo el manejo de información departamento por departamento, pero es más complejo tener una visión global.

## Principales ERP

En la actualidad podemos diferenciar cuatro principales ERPs [13]:

- SAP (Alemania): probablemente el más conocido y uno de los que posee más funciones. Tiene un alto nivel de profesionalización, por lo que para su implantación es necesario personal cualificado y formación.
- Oracle (Estados Unidos): comenzaron como un software especializado para bases de datos, fueron evolucionando hasta convertirse en un ERP de referencia. De la misma compañía encontramos NetSuite, ERP especializado en satisfacer las necesidades de empresas en crecimiento, por lo que está enfocado a la pequeña y mediana empresa.
- Microsoft Dynamics GP (Estados Unidos): inicialmente destinada a la contabilidad financiera en pequeña y mediana empresa, al igual que ORACLE acabo convirtiéndose en un ERP. Muy extendido en países anglosajones.
- Epicor (Estados Unidos). Está dirigido a cubrir las necesidades precisas de empresas medianas y grandes de los sectores de la manufactura, distribución, venta al por menor y servicios. Se trata de un paquete integrado con características y funcionalidades completas.

## Elección del ERP

El impacto que puede tener el ERP seleccionado en el funcionamiento diario de la empresa y la inversión necesaria en términos de tiempo y económicos para su implantación, convierten al proceso de selección de la herramienta en un tema primordial. Teniendo en cuenta además que no es una tarea que se realice con asiduidad y que se espera un beneficio en términos de productividad.

El MSSE (Metodología para la Selección de un Sistema ERP) trata de ordenar y sistematizar a los encargados de elegir un sistema ERP en el proceso de selección [14]. Esta metodología intenta organizar el proceso de selección de un ERP para que la empresa pueda escoger el sistema que mejor cumpla con sus requisitos basándose en cuestiones que no sean solo económicas.

El MSSE se divide en tres fases, que a su vez se dividen en actividades:

Fase 1 – Selección Del ERP

- Actividad 1 – Documentar necesidad

- Análisis de necesidad: el objetivo inicial es marcar y definir que alcance debe tener el ERP seleccionado, procesos que debe cubrir, departamentos afectados por la implementación, etc. Esto debe quedar reflejado en un documento que marcará las bases que tiene que cumplir el ERP seleccionado.

Debido al calibre y relevancia del documento, es recomendable que participen los directivos de la empresa, junto con el responsable de sistemas que deberá coordinar la implantación del ERP y los responsables de los departamentos oportunos.

El fin debe ser tener un ERP apropiado, y no pagar un sobre precio por funcionalidades o características que no aporten valor.

- Determinar equipo de proyecto: previo a comenzar la búsqueda, se define el equipo responsable del proyecto.

El equipo debe estar formado por futuros usuarios del ERP a todos los niveles jerárquicos de la empresa.

- Actividad 2 – Primera Selección

- Búsqueda en el mercado: en este paso se recomienda hacer un listado de los ERP disponibles acudiendo a la información disponible: internet, competencia, revistas profesionales, etc.

- Primer contacto con proveedores: contactamos con los ERP resultantes de la búsqueda anterior y se les solicita la mayor cantidad de información posible.

El objetivo es, con la información de todos los proveedores a nuestra disposición, realizar un cribado en base a las bases marcadas en la actividad anterior.

- Entrevistar posibles candidatos y recopilar información: con una lista reducida de proveedores resultado del paso anterior, concertamos entrevistas con nuestros candidatos para que nos presenten en mayor detalle las características técnicas y económicas de su producto.

Es interesante en ese apartado compartir con el proveedor el documento de bases elaborado, y explicar en detalle qué queremos del ERP.

- Elaboración de listado de criterios: elaboración de criterios diferenciadores a tener en cuenta a la hora de elegir entre los candidatos finales. Se deben tener en cuenta diferentes aspectos:

- Funcionales: qué es capaz de ofrecernos el sistema
- Técnicos: requisitos de hardware y software para su implementación
- Proveedor: reputación, experiencia, formación, ubicación, etc.
- Servicio: tanto a la hora de la implantación como de soporte posterior

- Económicos: coste de licencias, implantación y mantenimiento.
  - Evaluar los candidatos en base al listado elaborado anteriormente, es recomendable establecer un segundo contacto con los proveedores y visitar sus oficinas para conocerlos en mayor detalle.
  - Documentación de la selección y armado del plan de trabajo: en la última etapa de esta actividad nos quedaremos con un listado definitivo de 2 ó 3 proveedores, de los que tenemos suficiente y detallada información y que será presentada a la Dirección de la empresa o al equipo responsable de tomar la decisión.
- Actividad 3 – Selección Final
    - Organizar visitas a los proveedores: se organizan nuevas visitas de los proveedores con el objetivo de mostrar su producto al futuro usuario, entrando en los detalles técnicos, características, alcance y uso.
    - Demostración del producto: se realiza una demostración a un grupo seleccionado de usuarios seleccionados, que evaluarán según un cuestionario previamente elaborado las diferentes opciones.
    - Decisión Final – Negociación: el equipo de proyecto junto con la dirección evalúa las opciones según los resultados de los pasos anteriores y se toma una decisión por uno de los candidatos.

## **Fase 2 – Selección de la consultora de implantación**

Esta Fase dependerá del ERP seleccionado. En el caso de haber adquirido un ERP que solo puede ser implementado por su proveedor esta fase no será necesaria. En el caso que el producto solo pueda ser implementado por consultoras acreditadas se debe pedir al proveedor del sistema ERP un listado con las consultoras autorizadas. Si el producto puede ser implementado por cualquier consultora nos guiaremos por las siguientes actividades muy similares a las realizadas en la Fase 1 para el ERP:

- Actividad 1 – Documentar bases de la búsqueda
  - Organizar la búsqueda: al igual que con la búsqueda de ERP, realizamos una búsqueda de las posibles opciones que nos ofrece el mercado.

Se ha de elaborar un documento que sitúe a las consultoras en cuanto a la Fase 1.

  - Elaborar un listado de criterios: bases que ha de cumplir la consultora, tanto técnica como económicamente.
- Actividad 2 – Selección de candidatos
  - Entrevistar posibles candidatos y recopilar información: se cita a los diferentes candidatos y se les solicita una propuesta de implantación que incluya aspectos como tiempo de ejecución de los trabajos, costes, metodología, etc.
  - Evaluar los candidatos: se evalúa a los diferentes candidatos en función de las propuestas presentadas. En caso de ser necesario, se pueden concertar reuniones para realizar aclaraciones.

- Decisión final – negociación: basado en los pasos anteriores, se toma una decisión sobre la consultora seleccionada.

### **Fase 3 - Presentación y Planificación General Del Proyecto**

Una vez seleccionado el ERP y, en caso de ser necesario, la consultora encargada de realizar el proceso de instalación, se comienzan los trabajos de implementación. Es recomendable llegados a esta última fase, si no se ha elaborado con anterioridad, elaborar un cronograma a seguir con unos hitos definidos que ayuden a definir el estado de los trabajos.

Por las características de nuestro proyecto, hemos optado por un ERP libre, gratuito y que posea un módulo de mantenimiento que nos permita llevar a cabo nuestro caso práctico. Además, es un ERP sencillo de utilizar y con una interfaz muy amable e intuitiva. Se trata de Odoo.

Odoo cuenta con dos versiones:

- Community Edition: software libre, incluye todas las funciones esenciales y la mayoría de aplicaciones empresariales. Esta es la versión en la que nos apoyaremos para el proyecto.
- Enterprise Edition: versión meramente profesional por encima de la Community Edition, es de pago e incluye algunas funciones exclusivas como la aplicación móvil.

Odoo es una plataforma web flexible y modular, que nos permitirá utilizar únicamente aquellas partes que sean útiles para nuestro proyecto, y siempre con la posibilidad de ampliarse. Dentro de los diversos módulos que nos ofrece Odoo, nos centraremos en el de Mantenimiento.

Este módulo nos permitirá registrar y automatizar nuestras tareas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Odoo nos permite además hacer un seguimiento a través de estadísticas e informes que nos ayudaran a planificar el mantenimiento preventivo dentro de nuestra empresa. Posee además una interfaz muy visual que nos permitirá visualizar equipos y peticiones de mantenimiento tanto en formato lista como en formato Kanban. Utilizar el calendario de mantenimiento para organizar y planear actividades.

Como veremos más adelante, en nuestro caso práctico, las opciones que tenemos a nuestro alcance son:

- Definición de equipos de mantenimiento: ya sea por especialidad como haremos nosotros o por ubicación, por ejemplo.
- Creación de categorías de equipamiento.
- Registro del inventario del equipamiento objeto del mantenimiento. En los que podremos indicar aspectos como:
  - Fabricante
  - Modelo
  - Antigüedad
  - Frecuencia del mantenimiento

- Creación y trazabilidad de peticiones de mantenimiento: tanto de mantenimiento preventivo y correctivo, haciendo un seguimiento en tiempo real de su estado, técnico asignado, anotaciones, etc.



## Definición de RPA

La Automatización Robótica de Procesos (RPA, del inglés Robot Process Automation) es la tecnología que permite que cualquiera pueda configurar un software informático que hace posible que un “robot” emule e integre las acciones de una interacción humana en sistemas digitales para ejecutar un proceso comercial. Los robots emplean la interfaz de usuario para capturar datos y manipular aplicaciones existentes del mismo modo que los humanos. Estos robots realizan interpretaciones, activan respuestas y se comunican con otros sistemas para operar en una amplia gama de tareas repetitivas. Y lo hacen considerablemente mejor, pues los robots software nunca duermen, no cometen errores y son mucho menos costosos que los empleados [15].

El RPA permite a las organizaciones automatizar a una fracción del coste y del tiempo que se invertía antes. Además, la RPA no es de naturaleza intrusiva y saca partido a la infraestructura existente sin provocar interrupciones en los sistemas subyacentes, cuya sustitución sería muy compleja y costosa. Con el RPA, la rentabilidad y la conformidad ya no son un coste operativo, sino un subproducto de la automatización.

### RPA no es Inteligencia Artificial

Los robots de RPA son capaces de imitar muchas, sino la mayoría, de las acciones de los usuarios humanos. Ellos inician una sesión en aplicaciones, mueven archivos y carpetas, copian y pegan datos, rellenan formularios y extraen datos estructurados y semiestructurados de documentos y navegadores, entre otras tareas. Algunas de las tareas que es posible realizar con RPA:

- Copiar y pegar
- Eliminar documentos
- Trasladar documentos
- Recopilar datos
- Escribir datos
- Realización de cálculos
- Seguimiento de reglas if/then
- Completar formularios

La suma de estas tareas convierte a un sistema RPA en un complemento perfecto para el ser humano, a la hora de realizar tareas tediosas y repetitivas, que sigan normas preestablecidas y que ocupen gran cantidad de tiempo.

Por ejemplo, imaginemos a una empresa que decide comenzar a utilizar Odoos para la gestión automatizada del mantenimiento. El primer paso que debe realizar es la generación de los equipos, del inventario a mantener. Esta tarea en la plataforma implicaría ir equipo a equipo introduciendo nombre,

ubicación, etc. Sin embargo, si disponemos de esa información en un Excel, por ejemplo, podremos generar un robot que nos ayude a trasladar de manera automática esa información de nuestra base de datos a la plataforma.

Podemos clasificar la automatización RPA en tres tipos:

1. **Automatización RPA Asistida:** este tipo de automatización es la apropiada cuando el proceso no puede automatizarse completamente de principio a fin. Necesita trabajar junto al ser humano, un caso práctico puede ser el procesamiento de datos a pedido.
2. **Automatización RPA No Asistida:** estos robots no necesitan de la participación humana y se ejecutan en segundo plano. Son capaces de ejecutar sus tareas de principio a fin, reconociendo cuando deben comenzar al ocurrir un determinado evento. Un ejemplo es el robot que controla la cola de espera en un call center y asigna automáticamente un operador al cliente.
3. **Automatización Híbrida:** incorpora características de Inteligencia Artificial a la automatización asistida. Por ejemplo, robots con capacidad de procesamiento del lenguaje verbal, y de asistir y guiar telefónicamente a un cliente.

Para que un proceso sea automatizable, es preferible que cumpla con una serie de requisitos. Deloitte, en su documento “La era de la Automatización: Implementación de Robotics en los Centros de Servicios Compartidos” publicado en 2016 [16], define las siguientes características para definir un proceso como automatizable:

- **Múltiples sistemas utilizados:** Para completar el proceso es necesario que varios recursos accedan a diferentes sistemas independientes.
- **Transacciones de alto volumen/valor:** No es necesario que un proceso sea de alto volumen transaccional para ser candidato a ser automatizado; basta con que tenga un alto consumo de recursos, que tome mucho tiempo de procesamiento o que tenga una relación de alto costo/ impacto por errores.
- **Propensión a errores y re-trabajo:** El factor de procesamiento manual resulta en un gran número de errores; por ejemplo, la poca frecuencia de la actividad, la complejidad de las tareas o la flexibilidad de la fuerza laboral.
- **Alta predictibilidad:** El proceso debe de ser descrito por una serie de reglas de negocio no ambiguas que describen el proceso. Aunque no hay necesidad de tenerlo completamente documentado, resulta ser una gran ventaja.
- **Excepciones limitadas:** Procesos simples con excepciones menores en el desarrollo son excelentes candidatos para empezar la automatización con robótica. Una vez dominado el camino, se pueden incluir procesos más complejos o propensos a errores.
- **Carga de trabajo manual significativa:** Procesos con gran carga de trabajo manual y baja automatización presentan mayores beneficios en la automatización.

## **Ventajas de los RPA**

Presentamos a continuación las principales ventajas del uso de RPA [17]:

**Ahorro:** la utilización de RPA permite a las compañías disminuir sus costes, ya que se disminuye el tiempo de trabajo que requerían las tareas automatizadas y se optimizan los procesos.

**Aumento de la calidad del servicio:** los RPA permiten, para aquellos servicios repetitivos y que sigan normas fijas, estandarizar un nivel de calidad que siempre será el mismo.

**Aumento de la eficiencia y rapidez:** un robot trabaja más y mejor que un humano cuando se trata de realizar tareas repetitivas.

**Reducción de riesgos y errores:** una de las principales ventajas, una automatización bien realizada no comete errores, sigue sus patrones y reglas en función de la entrada y da una salida al proceso siguiendo siempre las mismas directrices.

## Desventajas de los RPA

Principalmente destacamos tres:

**Desplazamiento del ser humano en el ámbito laboral:** la principal crítica a la automatización de procesos. Como hemos comentado, un robot para tareas automatizables es más eficiente, más rápido, no necesita vacaciones, no tiene problemas personales, etc. esto puede provocar la sustitución del ser humano en su puesto de trabajo por un robot.

**Alto coste de implementación:** a medio plazo, una buena implementación siempre logrará para la empresa una reducción de costes, pero la inversión inicial es elevada y requiere de muchos recursos y tiempo para realizarla correctamente, y no todas las compañías están dispuestas.

**Falta de flexibilidad:** a día de hoy, la automatización abarca procesos repetitivos y con nula o poca toma de decisión, lo cual limita su flexibilidad y adaptabilidad en favor del ser humano.

## Principales RPA

Al igual que con los ERPs, existen numerosos RPA que se ajustan a las necesidades de los clientes, cada uno con características diferenciadoras, nosotros vamos a destacar cuatro [18]:

1. UiPath: UiPath se ha convertido en este 2020 en una de las compañías de IA más valiosas del mundo. Su fácil uso, su extensa documentación gratuita, su servicio al cliente y su conectividad con numerosas aplicaciones la convierten en uno de los RPA de referencia y el más popular.
2. BluePrism: segundo software más popular por detrás de UiPath, y uno de los pioneros y creadores del término RPA. BluePrism nos ofrece un sinfín de posibilidades y soluciones, eso sí, es una solución de coste elevado.
3. Linx: plataforma de baja codificación que hace posible conectar aplicaciones con la función arrastrar y soltar. Principalmente, nos permite crear fácilmente el flujo de información entre aplicaciones.
4. Winautomation: contiene una interfaz sencilla y al igual que Linx, principalmente incluye la función arrastrar y soltar, aunque también es posible establecer reglas IF. Está basado en Windows.

## Elección del RPA

Al igual que en el caso del ERP, la elección de nuestro RPA es un aspecto relevante que se debe gestionar una vez se tengan definidos los procesos que van a hacer automatizados, ya que esto afectará al desarrollo, tiempo de creación y mantenimiento del software, algunos aspectos a tener en cuenta en la elección son [19]:

- **Experiencia:** en el caso de que la empresa se esté iniciando en el RPA y necesite probar la tecnología, es aconsejable utilizar herramientas sencillas en cuanto arquitectura, y que ofrezcan rapidez y simplicidad a la hora de realizar pilotos. Un claro ejemplo de sencillez en la arquitectura es UiPath.
- **Integración con el ecosistema de aplicaciones y arquitectura**
- **Tecnología que lo soporta:** es importante tener en cuenta en qué tecnología se desenvuelve mejor la empresa (Java, .NET, Groovy, etc.) a la hora de realizar tareas avanzadas, ya que simplificará el proceso de entender los robots y hacer pequeños ajustes sobre ellos.
- **Mantenimiento:** los procesos de negocio están vivos, por tanto, hay que tener en cuenta que los robots necesitarán adaptaciones con cierta frecuencia. Aspectos como el grado de dependencia de los perfiles técnicos o la agilidad que ofrecen ante cualquier modificación serán muy relevantes a la hora de adaptar los procesos.
- **Documentación y comunidad:** en lo que tiene que ver con el soporte, UiPath dispone de foros abiertos con una amplia comunidad donde encontrar solución a muchos problemas

Para nuestro trabajo, nos hemos decantado por UiPath. UiPath nos permite de una manera visual y sencilla, interactuar con él, programar y trasladar información entre sistemas cuando así se requiera.

Además, descargarse la versión de UiPath Studio para crear nuestros robots es gratuito, y la documentación formativa en UiPath Academy es extensa y fácil de entender, apoyada en una enorme comunidad.

# 4 CASO PRÁCTICO

## Edificio

Para nuestro caso práctico vamos a tomar como referencia un edificio administrativo, cuyas instalaciones a mantener se pueden dividir en cinco categorías:

- Electricidad: centro de transformación, grupo electrógeno, SAIs, luminarias, etc.
- Climatización: Unidades de Tratamiento de Aire, enfriadoras y splits.
- Seguridad y PCI (Protección Contra Incendios): centrales analógicas, detectores, extintores, cámaras de video vigilancia, etc.
- Ascensores
- Puertas Automáticas

El inventario total, junto con su ubicación en el edificio es el siguiente:

Número	Nombre	Categoría	Ubicación
1	Centro de Transformacion	Electricidad	CT
2	Pararrayos	Electricidad	Cubierta
3	SAI 001	Electricidad	CPD
4	SAI 002	Electricidad	CPD
5	SAI 003	Electricidad	CPD
6	SAI 004	Electricidad	CPD
7	Luminaria 001	Electricidad	Planta Baja
8	Luminaria 002	Electricidad	Planta Baja
9	Luminaria 003	Electricidad	Planta Baja
10	Luminaria 004	Electricidad	Planta Baja
11	Luminaria 005	Electricidad	Planta Baja
12	Luminaria 006	Electricidad	Planta Baja
13	Luminaria 007	Electricidad	Planta Baja
14	Luminaria 008	Electricidad	Planta Baja
15	Luminaria 009	Electricidad	Planta Baja
16	Luminaria 010	Electricidad	Planta Baja
17	Luminaria 011	Electricidad	Planta Baja
18	Luminaria 012	Electricidad	Planta Baja
19	Luminaria 013	Electricidad	Planta Baja
20	Luminaria 014	Electricidad	Planta Baja
21	Luminaria 015	Electricidad	Planta Baja
22	Luminaria 016	Electricidad	Planta Baja
23	Luminaria 017	Electricidad	Planta Baja

Número	Nombre	Categoría	Ubicación
24	Luminaria 018	Electricidad	Planta Baja
25	Luminaria 019	Electricidad	Planta Baja
26	Luminaria 020	Electricidad	Planta Baja
27	Luminaria 021	Electricidad	Planta Baja
28	Luminaria 022	Electricidad	Planta Baja
29	Luminaria 023	Electricidad	Planta Baja
30	Luminaria 024	Electricidad	Planta Baja
31	Luminaria 025	Electricidad	Planta Baja
32	Luminaria 026	Electricidad	Planta Baja
33	Luminaria 027	Electricidad	Planta Baja
34	Luminaria 028	Electricidad	Planta Baja
35	Luminaria 029	Electricidad	Planta Baja
36	Luminaria 030	Electricidad	Planta Baja
37	Luminaria 031	Electricidad	Planta Baja
38	Luminaria 032	Electricidad	Planta Baja
39	Luminaria 033	Electricidad	Planta Baja
40	Luminaria 034	Electricidad	Planta Baja
41	Luminaria 035	Electricidad	Planta Baja
42	Luminaria 036	Electricidad	Planta Baja
43	Luminaria 037	Electricidad	Planta Baja
44	Luminaria 038	Electricidad	Planta Baja
45	Luminaria 039	Electricidad	Planta Baja
46	Luminaria 040	Electricidad	Planta Baja
47	Luminaria 041	Electricidad	Planta 1
48	Luminaria 042	Electricidad	Planta 1
49	Luminaria 043	Electricidad	Planta 1
50	Luminaria 044	Electricidad	Planta 1
51	Luminaria 045	Electricidad	Planta 1
52	Luminaria 046	Electricidad	Planta 1
53	Luminaria 047	Electricidad	Planta 1
54	Luminaria 048	Electricidad	Planta 1
55	Luminaria 049	Electricidad	Planta 1
56	Luminaria 050	Electricidad	Planta 1
57	Luminaria 051	Electricidad	Planta 1
58	Luminaria 052	Electricidad	Planta 1
59	Luminaria 053	Electricidad	Planta 1
60	Luminaria 054	Electricidad	Planta 1
61	Luminaria 055	Electricidad	Planta 1
62	Luminaria 056	Electricidad	Planta 1
63	Luminaria 057	Electricidad	Planta 1
64	Luminaria 058	Electricidad	Planta 1

Número	Nombre	Categoría	Ubicación
65	Luminaria 059	Electricidad	Planta 1
66	Luminaria 060	Electricidad	Planta 1
67	Luminaria 061	Electricidad	Planta 1
68	Luminaria 062	Electricidad	Planta 1
69	Luminaria 063	Electricidad	Planta 1
70	Luminaria 064	Electricidad	Planta 1
71	Luminaria 065	Electricidad	Planta 1
72	Luminaria 066	Electricidad	Planta 1
73	Luminaria 067	Electricidad	Planta 1
74	Luminaria 068	Electricidad	Planta 1
75	Luminaria 069	Electricidad	Planta 1
76	Luminaria 070	Electricidad	Planta 1
77	Luminaria 071	Electricidad	Planta 1
78	Luminaria 072	Electricidad	Planta 1
79	Luminaria 073	Electricidad	Planta 1
80	Luminaria 074	Electricidad	Planta 1
81	Luminaria 075	Electricidad	Planta 1
82	Luminaria 076	Electricidad	Planta 1
83	Luminaria 077	Electricidad	Planta 1
84	Luminaria 078	Electricidad	Planta 1
85	Luminaria 079	Electricidad	Planta 1
86	Luminaria 080	Electricidad	Planta 1
87	Luminaria 081	Electricidad	Planta 2
88	Luminaria 082	Electricidad	Planta 2
89	Luminaria 083	Electricidad	Planta 2
90	Luminaria 084	Electricidad	Planta 2
91	Luminaria 085	Electricidad	Planta 2
92	Luminaria 086	Electricidad	Planta 2
93	Luminaria 087	Electricidad	Planta 2
94	Luminaria 088	Electricidad	Planta 2
95	Luminaria 089	Electricidad	Planta 2
96	Luminaria 090	Electricidad	Planta 2
97	Luminaria 091	Electricidad	Planta 2
98	Luminaria 092	Electricidad	Planta 2
99	Luminaria 093	Electricidad	Planta 2
100	Luminaria 094	Electricidad	Planta 2
101	Luminaria 095	Electricidad	Planta 2
102	Luminaria 096	Electricidad	Planta 2
103	Luminaria 097	Electricidad	Planta 2
104	Luminaria 098	Electricidad	Planta 2
105	Luminaria 099	Electricidad	Planta 2

Número	Nombre	Categoría	Ubicación
106	Luminaria 100	Electricidad	Planta 2
107	Luminaria 101	Electricidad	Planta 2
108	Luminaria 102	Electricidad	Planta 2
109	Luminaria 103	Electricidad	Planta 2
110	Luminaria 104	Electricidad	Planta 2
111	Luminaria 105	Electricidad	Planta 2
112	Luminaria 106	Electricidad	Planta 2
113	Luminaria 107	Electricidad	Planta 2
114	Luminaria 108	Electricidad	Planta 2
115	Luminaria 109	Electricidad	Planta 2
116	Luminaria 110	Electricidad	Planta 2
117	Luminaria 111	Electricidad	Planta 2
118	Luminaria 112	Electricidad	Planta 2
119	Luminaria 113	Electricidad	Planta 2
120	Luminaria 114	Electricidad	Planta 2
121	Luminaria 115	Electricidad	Planta 2
122	Luminaria 116	Electricidad	Planta 2
123	Luminaria 117	Electricidad	Planta 2
124	Luminaria 118	Electricidad	Planta 2
125	Luminaria 119	Electricidad	Planta 2
126	Luminaria 120	Electricidad	Planta 2
127	UTA 001	Climatizacion	Cubierta
128	UTA 002	Climatizacion	Cubierta
129	UTA 003	Climatizacion	Cubierta
130	UTA 004	Climatizacion	Cubierta
131	Enfriadora 001	Climatizacion	Cubierta
132	Enfriadora 002	Climatizacion	Cubierta
133	Enfriadora 003	Climatizacion	Cubierta
134	Enfriadora 004	Climatizacion	Cubierta
135	Split 001	Climatizacion	CPD
136	Split 002	Climatizacion	CPD
137	Central Analogica	Seguridad y PCI	Seguridad
138	Detector optico 001	Seguridad y PCI	Planta Baja
139	Detector optico 002	Seguridad y PCI	Planta Baja
140	Detector optico 003	Seguridad y PCI	Planta Baja
141	Detector optico 004	Seguridad y PCI	Planta Baja
142	Detector optico 005	Seguridad y PCI	Planta Baja
143	Detector optico 006	Seguridad y PCI	Planta Baja
144	Detector optico 007	Seguridad y PCI	Planta Baja
145	Detector optico 008	Seguridad y PCI	Planta Baja
146	Detector optico 009	Seguridad y PCI	Planta Baja

Número	Nombre	Categoría	Ubicación
147	Detector optico 010	Seguridad y PCI	Planta Baja
148	Detector optico 011	Seguridad y PCI	Planta 1
149	Detector optico 012	Seguridad y PCI	Planta 1
150	Detector optico 013	Seguridad y PCI	Planta 1
151	Detector optico 014	Seguridad y PCI	Planta 1
152	Detector optico 015	Seguridad y PCI	Planta 1
153	Detector optico 016	Seguridad y PCI	Planta 1
154	Detector optico 017	Seguridad y PCI	Planta 1
155	Detector optico 018	Seguridad y PCI	Planta 1
156	Detector optico 019	Seguridad y PCI	Planta 1
157	Detector optico 020	Seguridad y PCI	Planta 1
158	Detector optico 021	Seguridad y PCI	Planta 2
159	Detector optico 022	Seguridad y PCI	Planta 2
160	Detector optico 023	Seguridad y PCI	Planta 2
161	Detector optico 024	Seguridad y PCI	Planta 2
162	Detector optico 025	Seguridad y PCI	Planta 2
163	Detector optico 026	Seguridad y PCI	Planta 2
164	Detector optico 027	Seguridad y PCI	Planta 2
165	Detector optico 028	Seguridad y PCI	Planta 2
166	Detector optico 029	Seguridad y PCI	Planta 2
167	Detector optico 030	Seguridad y PCI	Planta 2
168	Sirena 001	Seguridad y PCI	Planta Baja
169	Sirena 002	Seguridad y PCI	Planta Baja
170	Sirena 003	Seguridad y PCI	Planta Baja
171	Sirena 004	Seguridad y PCI	Planta Baja
172	Sirena 005	Seguridad y PCI	Planta 1
173	Sirena 006	Seguridad y PCI	Planta 1
174	Sirena 007	Seguridad y PCI	Planta 1
175	Sirena 008	Seguridad y PCI	Planta 1
176	Sirena 009	Seguridad y PCI	Planta 2
177	Sirena 010	Seguridad y PCI	Planta 2
178	Sirena 011	Seguridad y PCI	Planta 2
179	Sirena 012	Seguridad y PCI	Planta 2
180	Extintor 001	Seguridad y PCI	Planta Baja
181	Extintor 002	Seguridad y PCI	Planta Baja
182	Extintor 003	Seguridad y PCI	Planta Baja
183	Extintor 004	Seguridad y PCI	Planta Baja
184	Extintor 005	Seguridad y PCI	Planta Baja
185	Extintor 006	Seguridad y PCI	Planta Baja
186	Extintor 007	Seguridad y PCI	Planta Baja
187	Extintor 008	Seguridad y PCI	Planta Baja

Número	Nombre	Categoría	Ubicación
188	Extintor 009	Seguridad y PCI	Planta Baja
189	Extintor 010	Seguridad y PCI	Planta Baja
190	Extintor 011	Seguridad y PCI	Planta Baja
191	Extintor 012	Seguridad y PCI	Planta Baja
192	Extintor 013	Seguridad y PCI	Planta Baja
193	Extintor 014	Seguridad y PCI	Planta Baja
194	Extintor 015	Seguridad y PCI	Planta Baja
195	Extintor 016	Seguridad y PCI	Planta Baja
196	Extintor 017	Seguridad y PCI	Planta Baja
197	Extintor 018	Seguridad y PCI	Planta Baja
198	Extintor 019	Seguridad y PCI	Planta Baja
199	Extintor 020	Seguridad y PCI	Planta Baja
200	Extintor 021	Seguridad y PCI	Planta 1
201	Extintor 022	Seguridad y PCI	Planta 1
202	Extintor 023	Seguridad y PCI	Planta 1
203	Extintor 024	Seguridad y PCI	Planta 1
204	Extintor 025	Seguridad y PCI	Planta 1
205	Extintor 026	Seguridad y PCI	Planta 1
206	Extintor 027	Seguridad y PCI	Planta 1
207	Extintor 028	Seguridad y PCI	Planta 1
208	Extintor 029	Seguridad y PCI	Planta 1
209	Extintor 030	Seguridad y PCI	Planta 1
210	Extintor 031	Seguridad y PCI	Planta 1
211	Extintor 032	Seguridad y PCI	Planta 1
212	Extintor 033	Seguridad y PCI	Planta 1
213	Extintor 034	Seguridad y PCI	Planta 1
214	Extintor 035	Seguridad y PCI	Planta 1
215	Extintor 036	Seguridad y PCI	Planta 1
216	Extintor 037	Seguridad y PCI	Planta 1
217	Extintor 038	Seguridad y PCI	Planta 1
218	Extintor 039	Seguridad y PCI	Planta 1
219	Extintor 040	Seguridad y PCI	Planta 1
220	Extintor 041	Seguridad y PCI	Planta 2
221	Extintor 042	Seguridad y PCI	Planta 2
222	Extintor 043	Seguridad y PCI	Planta 2
223	Extintor 044	Seguridad y PCI	Planta 2
224	Extintor 045	Seguridad y PCI	Planta 2
225	Extintor 046	Seguridad y PCI	Planta 2
226	Extintor 047	Seguridad y PCI	Planta 2
227	Extintor 048	Seguridad y PCI	Planta 2
228	Extintor 049	Seguridad y PCI	Planta 2

Número	Nombre	Categoría	Ubicación
229	Extintor 050	Seguridad y PCI	Planta 2
230	Extintor 051	Seguridad y PCI	Planta 2
231	Extintor 052	Seguridad y PCI	Planta 2
232	Extintor 053	Seguridad y PCI	Planta 2
233	Extintor 054	Seguridad y PCI	Planta 2
234	Extintor 055	Seguridad y PCI	Planta 2
235	Extintor 056	Seguridad y PCI	Planta 2
236	Extintor 057	Seguridad y PCI	Planta 2
237	Extintor 058	Seguridad y PCI	Planta 2
238	Extintor 059	Seguridad y PCI	Planta 2
239	Extintor 060	Seguridad y PCI	Planta 2
240	Extintor 061	Seguridad y PCI	CPD
241	Extintor 062	Seguridad y PCI	CPD
242	Arco 001	Seguridad y PCI	Edificio
243	Arco 002	Seguridad y PCI	Edificio
244	Escaner 001	Seguridad y PCI	Edificio
245	Escaner 002	Seguridad y PCI	Edificio
246	Camara 001	Seguridad y PCI	Planta Baja
247	Camara 002	Seguridad y PCI	Planta Baja
248	Camara 003	Seguridad y PCI	Planta Baja
249	Camara 004	Seguridad y PCI	Planta Baja
250	Camara 005	Seguridad y PCI	Planta Baja
251	Camara 006	Seguridad y PCI	Planta Baja
252	Camara 007	Seguridad y PCI	Planta Baja
253	Camara 008	Seguridad y PCI	Planta Baja
254	Camara 009	Seguridad y PCI	Planta Baja
255	Camara 010	Seguridad y PCI	Planta Baja
256	Camara 011	Seguridad y PCI	Planta 1
257	Camara 012	Seguridad y PCI	Planta 1
258	Camara 013	Seguridad y PCI	Planta 1
259	Camara 014	Seguridad y PCI	Planta 1
260	Camara 015	Seguridad y PCI	Planta 1
261	Camara 016	Seguridad y PCI	Planta 2
262	Camara 017	Seguridad y PCI	Planta 2
263	Camara 018	Seguridad y PCI	Planta 2
264	Camara 019	Seguridad y PCI	Planta 2
265	Camara 020	Seguridad y PCI	Planta 2
266	Ascensor 001	Ascensores	Edificio
267	Ascensor 002	Ascensores	Edificio
268	Ascensor 003	Ascensores	Edificio
269	Ascensor 004	Ascensores	Edificio

Número	Nombre	Categoría	Ubicación
270	Puerta Automatica 001	Puertas Automaticas	Planta Baja
271	Puerta Automatica 002	Puertas Automaticas	Planta Baja

Tabla 4-1. Inventario

## Aplicación del RCM

Aplicamos a continuación la metodología RCM para el edificio que ocupa nuestro estudio, aplicando los pasos explicados previamente.

### 1. Formación del equipo de trabajo.

Personal de Operación: en este caso, al tratarse de un edificio de carácter administrativo, serían los propios usuarios y trabajadores del edificio.

Personal de Mantenimiento: los operarios con presencia física en el edificio que realizan habitualmente el mantenimiento de las instalaciones.

Ingeniero de Procesos: el responsable del servicio de mantenimiento dentro del edificio.

Programador: aporta visión sistémica de la actividad.

Especialista externo: en este caso, tenemos algunas instalaciones, como ascensores, escáneres o de protección contra incendios, que poseen una fuerte regulación sobre su mantenimiento en edificios de uso público, por lo que sería beneficioso contar con personal de servicios técnicos oficiales.

Facilitador: asesor experto en la metodología RCM.

### 2. Selección del sistema y definición del contexto operacional

En nuestro caso utilizaremos el nivel Equipo, según lo definido en la tabla del inventario definida anteriormente.

### 3. Análisis de criticidad

Para cuantificar la criticidad de un equipo, vamos a recordar la expresión presentada en el apartado 1:

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia} * \text{consecuencia}$$

La Frecuencia la definiremos como la Frecuencia de Fallo y la consecuencia a su vez la descompondremos en los siguientes conceptos:

*Consecuencia*

$$= \text{Impacto Operacional} + \text{Flexibilidad} + \text{Coste de la Reparación} \\ + \text{Impacto Seguridad, Ambiente, Higiene}$$

Para el análisis de la criticidad someteremos a todos los equipos a los siguientes criterios, priorizando aquellos que afectan a las personas usuarias del edificio, ya sea por imposibilitar su trabajo o afectar a

su salud:

- Frecuencia de fallo:
  - Alta: más de 10 fallos al año. Ponderación: 3
  - Media: entre 5 y 10 fallos al año. Ponderación: 2
  - Baja: menos de 5 fallos al año. Ponderación: 1
- Impacto operacional: en cuanto afecte al desarrollo normal de los trabajos desarrollados en el edificio:
  - Imposibilidad de desarrollo: 20
  - Dificulta el desarrollo: 10
  - No impide el desarrollo: 1
- Flexibilidad: en cuanto al tiempo relativo que se tarde en volver a poner en funcionamiento el equipo:
  - Más de 24 horas: 10
  - Entre 12 y 24 horas: 5
  - Entre 1 y 12 horas: 3
  - Menos de 1 hora: 1
- Coste de la reparación:
  - Superior a 2.000 €: 5
  - Entre 2.000 € y 500 €: 3
  - Inferior a 500 €: 1
- Impacto en Salud de las personas y el medioambiente:
  - Alto: 50
  - Medio: 25
  - Bajo: 10
  - Nulo: 1

Aplicamos estos criterios a todos los equipos, obteniendo su nivel de criticidad, el resultado lo expresaremos sobre 100 y estableceremos los siguientes criterios:

- Crítico: mayor a 50

- Semicrítico: menor que 50 y mayor que 1
- No crítico: inferior a 1

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
CT	1	20	5	5	25	12500	100	Crítico
Pararrayos	1	1	5	3	10	150	1,2	Semicrítico
SAI 001	1	20	5	3	25	7500	60	Crítico
SAI 002	1	20	5	3	25	7500	60	Crítico
SAI 003	1	20	5	3	25	7500	60	Crítico
SAI 004	1	20	5	3	25	7500	60	Crítico
Luminaria 001	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 002	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 003	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 004	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 005	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 006	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 007	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 008	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 009	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 010	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 011	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 012	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 013	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 014	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 015	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 016	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 017	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 018	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 019	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 020	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Luminaria 021	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 022	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 023	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 024	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 025	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 026	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 027	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 028	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 029	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 030	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 031	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 032	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 033	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 034	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 035	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 036	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 037	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 038	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 039	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 040	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 041	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 042	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 043	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 044	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 045	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 046	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Luminaria 047	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 048	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 049	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 050	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 051	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 052	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 053	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 054	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 055	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 056	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 057	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 058	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 059	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 060	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 061	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 062	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 063	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 064	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 065	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 066	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 067	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 068	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 069	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 070	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 071	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 072	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Luminaria 073	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 074	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 075	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 076	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 077	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 078	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 079	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 080	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 081	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 082	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 083	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 084	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 085	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 086	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 087	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 088	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 089	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 090	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 091	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 092	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 093	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 094	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 095	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 096	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 097	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 098	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Luminaria 099	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 100	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 101	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 102	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 103	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 104	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 105	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 106	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 107	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 108	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 109	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 110	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 111	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 112	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 113	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 114	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 115	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 116	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 117	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 118	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 119	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
Luminaria 120	1	10	1	1	1	10	0,08	No Crítico
UTA 001	1	10	3	3	10	900	7,2	Semicrítico
UTA 002	1	10	3	3	10	900	7,2	Semicrítico
UTA 003	1	10	3	3	10	900	7,2	Semicrítico
UTA 004	1	10	3	3	10	900	7,2	Semicrítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Enfriadora 001	1	10	3	3	10	900	7,2	Semicrítico
Enfriadora 002	1	10	3	3	10	900	7,2	Semicrítico
Enfriadora 003	1	10	3	3	10	900	7,2	Semicrítico
Enfriadora 004	1	10	3	3	10	900	7,2	Semicrítico
Split 001	1	10	3	1	10	300	2,4	Semicrítico
Split 002	1	10	3	1	10	300	2,4	Semicrítico
Central Analogica	1	1	3	1	50	150	1,2	Semicrítico
Detector optico 001	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 002	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 003	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 004	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 005	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 006	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 007	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 008	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 009	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 010	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 011	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 012	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 013	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 014	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 015	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 016	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 017	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 018	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 019	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Detector optico 020	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 021	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 022	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 023	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 024	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 025	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 026	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 027	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 028	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 029	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Detector optico 030	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 001	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 002	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 003	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 004	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 005	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 006	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 007	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 008	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 009	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 010	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 011	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Sirena 012	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 001	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 002	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 003	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Extintor 004	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 005	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 006	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 007	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 008	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 009	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 010	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 011	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 012	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 013	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 014	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 015	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 016	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 017	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 018	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 019	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 020	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 021	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 022	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 023	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 024	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 025	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 026	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 027	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 028	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 029	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Extintor 030	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 031	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 032	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 033	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 034	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 035	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 036	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 037	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 038	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 039	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 040	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 041	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 042	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 043	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 044	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 045	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 046	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 047	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 048	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 049	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 050	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 051	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 052	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 053	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 054	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 055	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Extintor 056	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 057	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 058	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 059	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 060	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 061	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Extintor 062	1	1	1	1	50	50	0,4	No Crítico
Arco 001	1	20	3	3	50	9000	72	Crítico
Arco 002	1	20	3	3	50	9000	72	Crítico
Escaner 001	1	20	3	3	50	9000	72	Crítico
Escaner 002	1	20	3	3	50	9000	72	Crítico
Camara 001	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 002	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 003	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 004	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 005	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 006	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 007	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 008	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 009	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 010	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 011	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 012	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 013	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 014	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 015	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico

Nombre	Prob. Fallo	Imp. Op.	Flex.	Coste	Imp. SAH	Total	Total s.100	Criticidad
Camara 016	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 017	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 018	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 019	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Camara 020	1	10	1	1	25	250	2	Semicrítico
Ascensor 001	1	10	3	5	25	3750	30	Semicrítico
Ascensor 002	1	10	3	5	25	3750	30	Semicrítico
Ascensor 003	1	10	3	5	25	3750	30	Semicrítico
Ascensor 004	1	10	3	5	25	3750	30	Semicrítico
Puerta Automatica 001	1	1	3	3	1	9	0,072	No Crítico
Puerta Automatica 002	1	1	3	3	1	9	0,072	No Crítico

Tabla 4-2. Análisis de Criticidad

#### 4. Análisis de los modos y efectos de fallos (FMEA).

Nos centramos ahora en el análisis de los modos y efectos de fallos de los equipos críticos obtenidos en el apartado anterior, para ello seguiremos el siguiente esquema según lo introducido en el primer apartado de la presente memoria [20]:

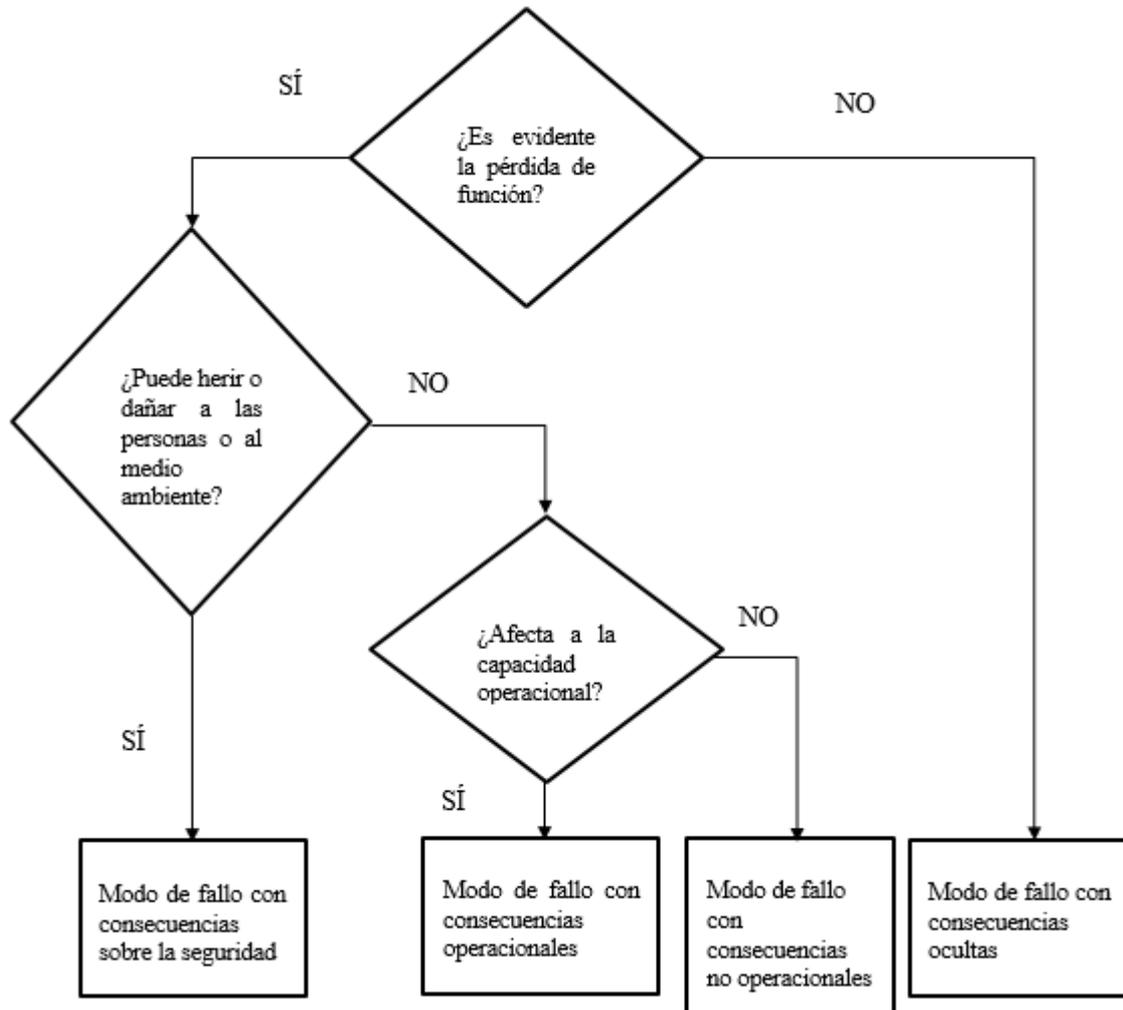


Figura 4-1. Esquema del análisis de los modos y efectos de fallos

#### Centro de transformación

- Definición de función: transformación de la energía eléctrica recibida en alta tensión a baja tensión, para suministrar energía al edificio
- Determinación de fallos funcionales: sobrecalentamiento, sobre flujo magnético, sobrepresión, descargas eléctricas, cortocircuitos en los devanados, sobrevoltaje.
- Identificación modos de fallo: modos de fallo con consecuencias operacionales
- Efectos y consecuencias de los fallos: corte del suministro eléctrico en el edificio, imposibilidad total de ejecutar los trabajos, ya que no se cuenta con Grupo Electrónico y los SAIs únicamente dan servicio al CPD y luces de emergencia.

## SAIs

- Definición de función: proporcionar energía, durante un tiempo limitado, en caso de corte de suministro. En nuestro están conectados al CPD.
- Determinación de fallos funcionales: batería deteriorada, batería incorrectamente conectada, voltaje muy bajo o inexistente, interruptor de entrada disparado
- Identificación modos de fallo: modo de fallo con consecuencias ocultas. Aunque da servicio al CPD, solo sería perceptible si el CT tampoco realiza su función.
- Efectos y consecuencias de los fallos: posible pérdida de información, imposibilidad de realizar la actividad del edificio con normalidad.

## Arcos y Escáneres

- Definición de función: detectar, en el acceso de las personas al edificio, la presencia de metales.
- Determinación de fallos funcionales: sobrevoltajes, interferencias, deterioro interno de las conexiones
- Identificación modos de fallo: modos de fallo con consecuencias operacionales, el personal de seguridad no puede realizar correctamente su trabajo
- Efectos y consecuencias de los fallos: posible introducción de objetos no deseados dentro del edificio.

### 5. Selección de las actividades de mantenimiento.

Para la selección de las tareas de mantenimiento nos apoyaremos en el árbol de decisión presentado en el primer punto de este proyecto.

## Centro de Transformación

- ¿Es la pérdida de función causada por el modo de fallo evidente en condiciones normales? Sí
- ¿Existe un riesgo intolerable que afecta a la seguridad de las personas? No
- ¿Existe un riesgo intolerable que pudiera confrontar con alguna regulación ambiental? No
- ¿Tiene un impacto directo con la capacidad operativa? Sí
- ¿Es factible y merece la pena realizar una tarea programada basada en la condición? Sí

Tarea seleccionada: Tareas basadas en la condición, o predictivas.

## SAIs

- ¿Es la pérdida de función causada por el modo de fallo evidente en condiciones normales? No
- ¿Existe un riesgo intolerable que afecta a la seguridad de las personas? No

- ¿Existe un riesgo intolerable que pudiera confrontar con alguna regulación ambiental? No
- ¿Tiene un impacto directo con la capacidad operativa? Sí
- ¿Es factible y merece la pena realizar una tarea programada basada en la condición? Sí

Tarea seleccionada: Tareas basadas en la condición, o predictivas.

### **Arcos y Escáneres**

- ¿Es la pérdida de función causada por el modo de fallo evidente en condiciones normales? Sí
- ¿Existe un riesgo intolerable que afecta a la seguridad de las personas? No
- ¿Existe un riesgo intolerable que pudiera confrontar con alguna regulación ambiental? No
- ¿Tiene un impacto directo con la capacidad operativa? Sí
- ¿Es factible y merece la pena realizar una tarea programada basada en la condición? Sí

Tarea seleccionada: Tareas basadas en la condición, o predictivas.

## Gestión Informatizada del Mantenimiento

Una vez definidos los equipos y las tareas, es el momento de comenzar a utilizar nuestro ERP, apoyándonos en el RPA para aquellas tareas que así lo permitan.

Comenzamos con el ERP Odoo, su interfaz web es realmente sencilla y permite ajustarnos a los que verdaderamente necesitamos, y desde la primera vista nos invita a comenzar a utilizarlo de manera gratuita:

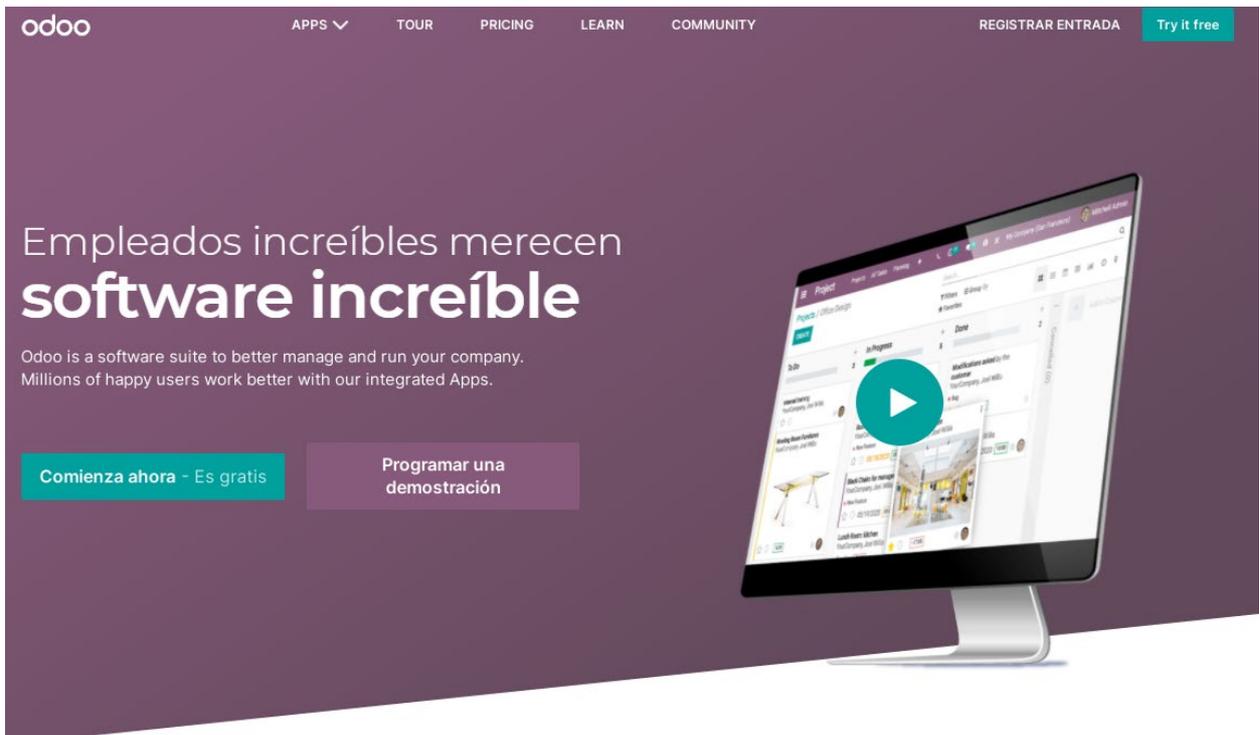


Figura 4-2. Interfaz inicial Odoo

Pulsando en la opción de comenzar ahora, nos redirige a una pantalla en la que podemos elegir que aplicaciones del ERP necesitamos para nuestro negocio. Algunos ejemplos son:



Figura 4-3. Aplicaciones Odoo I

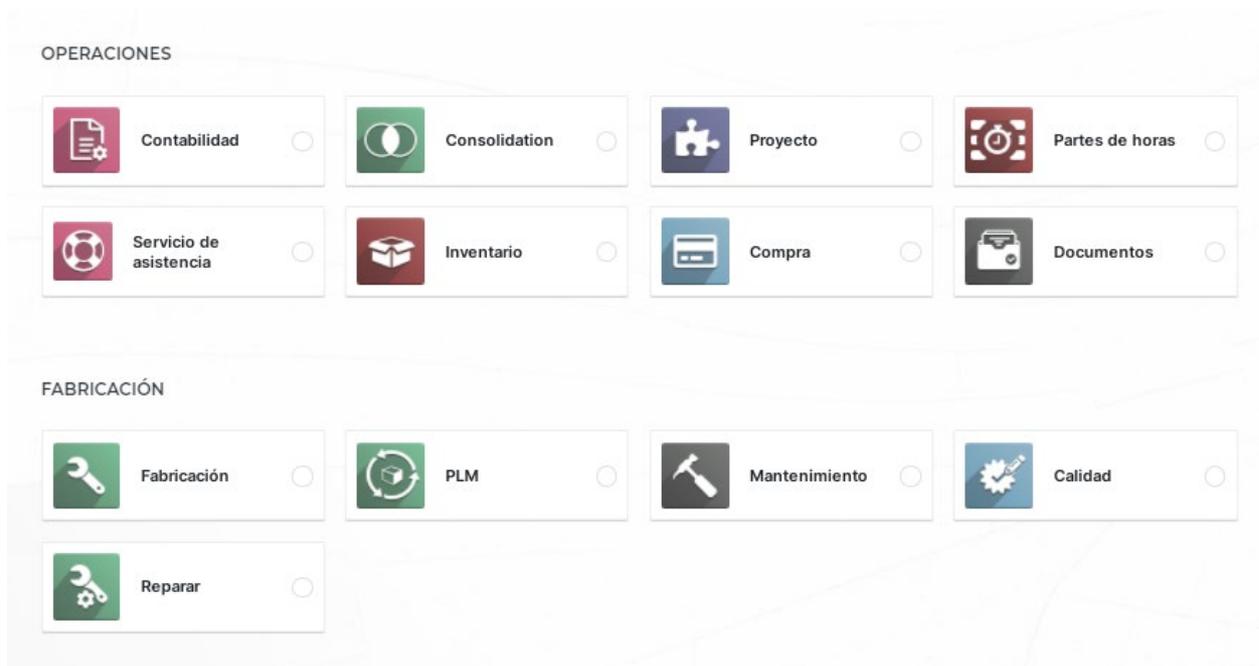


Figura 4-4. Aplicaciones Odoo II

Es en este momento, tras el estudio de las necesidades de nuestra empresa, cuando debemos cerciorarnos de hacer una correcta elección. Existen dos posibilidades:

- Elección de una sola aplicación: acceso gratuito ilimitado
- Elección de más de una aplicación: prueba gratuita durante 15 días, y precio en función de las aplicaciones elegidas

Para nuestro caso, como únicamente utilizaremos el módulo del aplicativo de mantenimiento seleccionaremos únicamente esta.



Figura 4-5. Selección aplicación de Mantenimiento

Pulsando en continuar, procedemos a introducir nuestros datos para completar el registro:

## Odoo | Get Started

Acceso instantáneo.

Nombre y apellidos  
**Pablo Osuna Pando**

Email  
**pablo.osuna4@gmail.com**

Nombre de la empresa  
**PabloTFM**  
pablotfm.odoo.com ✎

Número de teléfono

País  
**España** ▼

Idioma  
**Español** ▼

Tamaño de la empresa  
**< 5 empleados** ▼

Interés primario  
**Soy un estudiante** ▼

By clicking on **Start Now**, you accept our **Acuerdo de suscripción** y **Política de Privacidad**

**Empieza Ahora >**

Figura 4-6. Registro en Odoo

Y tras validar nuestro correo electrónico ya tenemos acceso a la aplicación, sin ningún paso más necesario. Automáticamente se genera un dominio web con el nombre de nuestra empresa, en nuestro caso “pablotfm.odoo.com”, al que accederemos con nuestro correo electrónico:

**Your logo**

Correo electrónico  
**pablo.osuna4@gmail.com**

Contraseña  
.....

**Iniciar sesión**

[¿No tiene una cuenta?](#) [Restablecer contraseña](#)

Respaldo por Odoo

Figura 4-7. Primer acceso a Odoo

Una vez dentro nos encontraremos con la siguiente interfaz:

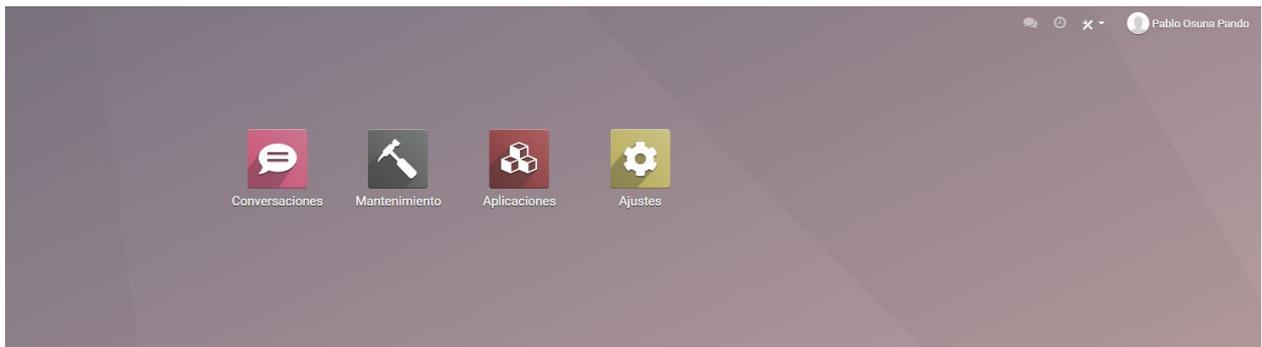


Figura 4-8. Pantalla de inicio

En nuestro al haber escogido únicamente la aplicación de Mantenimiento:

- **Conversaciones:** correo interno dentro del ERP, que nos permite comunicarnos con otros usuarios que tengan acceso al sistema.

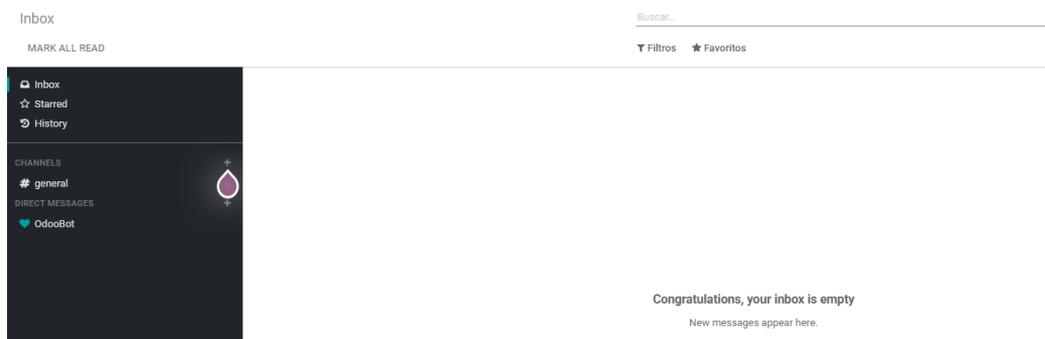


Figura 4-9. Conversaciones

- **Mantenimiento:** en el que entraremos en detalle más en adelante.
- **Aplicaciones:** que nos permite aumentar los módulos añadidos en nuestro plan.

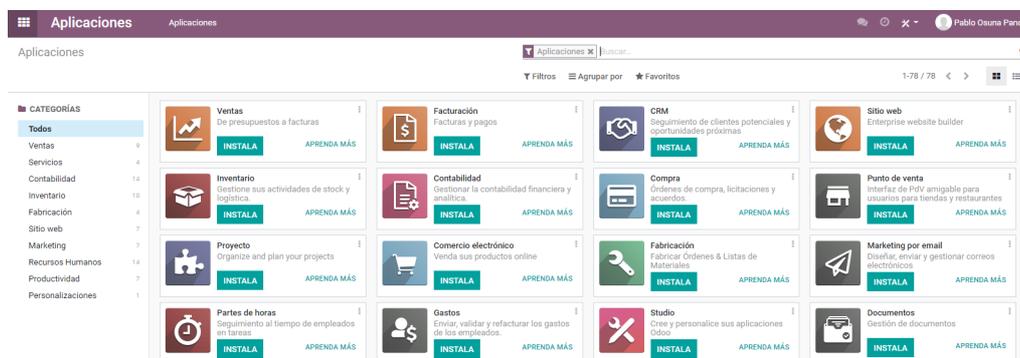


Figura 4-10. Aplicaciones

- **Ajustes:** con diferentes opciones de personalización.

Una vez dentro del módulo de mantenimiento podemos proceder a la parte práctica de este trabajo,

Odoo nos permite tareas como:

- Definición de equipos de trabajo
- Definición de equipos de instalaciones
- Generación y seguimiento de peticiones de mantenimiento correctivo y preventivo
- Generación de informes

Iremos descubriendo estas funcionalidades a medida que vamos progresando en la presente memoria. La vista principal original es la siguiente:

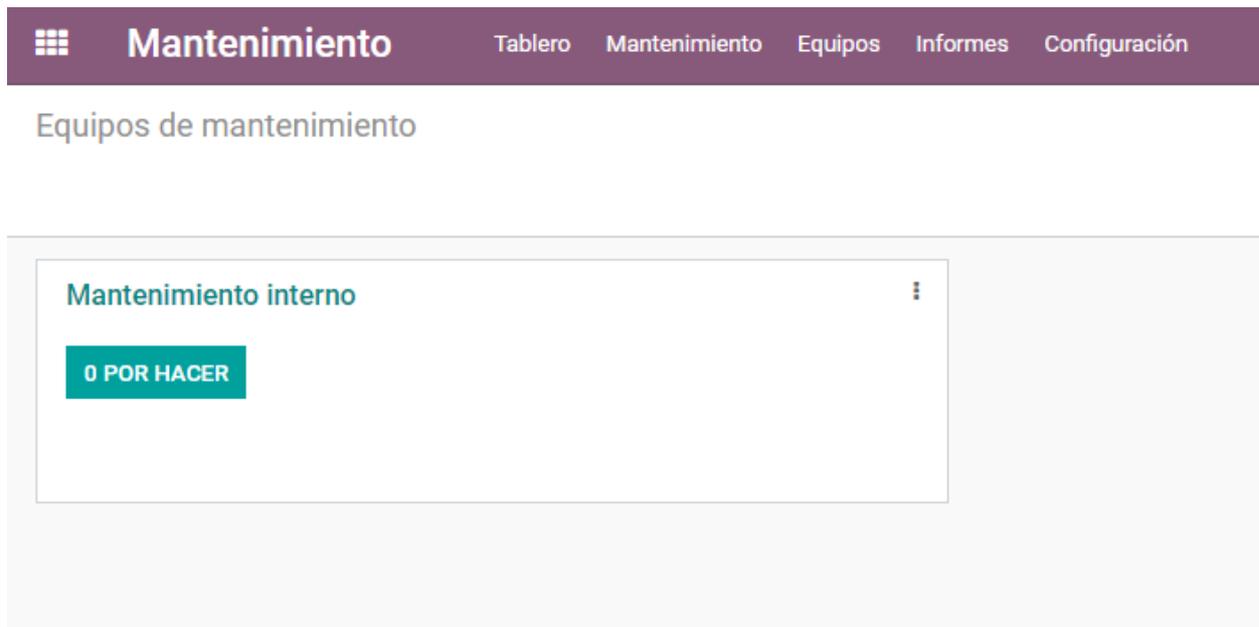


Figura 4-11. Vista principal Mantenimiento

Comenzaremos por el campo de Configuración. Dentro de este campo tenemos dos categorías:

1. Equipos de mantenimiento: aquí definiremos los diferentes individuos o grupos de trabajo dentro de nuestra área de actuación. En nuestro caso vamos a definir a un Responsable de Mantenimiento, cuyas tareas principales serán de supervisión, definición de las tareas, equipos y generación y seguimiento de las ordenes de trabajo, y tres grupos de operarios encargados del trabajo de campo propiamente dicho divididos según especialidad:
  - a. Electricistas
  - b. Frigoristas
  - c. Polivalentes

Agregar y definir los Equipos es realmente sencillo e intuitivo:



Figura 4-12. Equipos de Mantenimiento

Dentro de cada equipo se pueden definir los diferentes miembros que lo componen, siendo necesario darlos de alta en la plataforma, introduciendo su correo electrónico. Esto permite, entre otras cosas, que le lleguen notificaciones de tareas asignadas.

2. Categorías de equipamiento: para agrupar y ordenar las instalaciones en la elaboración del inventario. En nuestro caso, hemos definido las siguientes categorías:



Figura 4-13. Categorías

Una vez finalizado en la pestaña de Configuración, y definidos los equipos de trabajo y categorías de equipamiento, es hora de entrar en detalle en dicho equipamiento, definiendo las instalaciones que comprenden el mantenimiento.

Esto lo haremos a través de la pestaña Equipos:



Figura 4-14. Equipos

Para definir el equipo debemos introducir el nombre, la categoría del equipo, el equipo de mantenimiento y la ubicación. Nosotros, al realizarlo de una manera ordenada, ya hemos definido todos los equipos de trabajo y categorías para nuestro caso, pero si por omisión nos falta alguno, podemos generarlos automáticamente desde esta vista simplemente escribiéndolos:

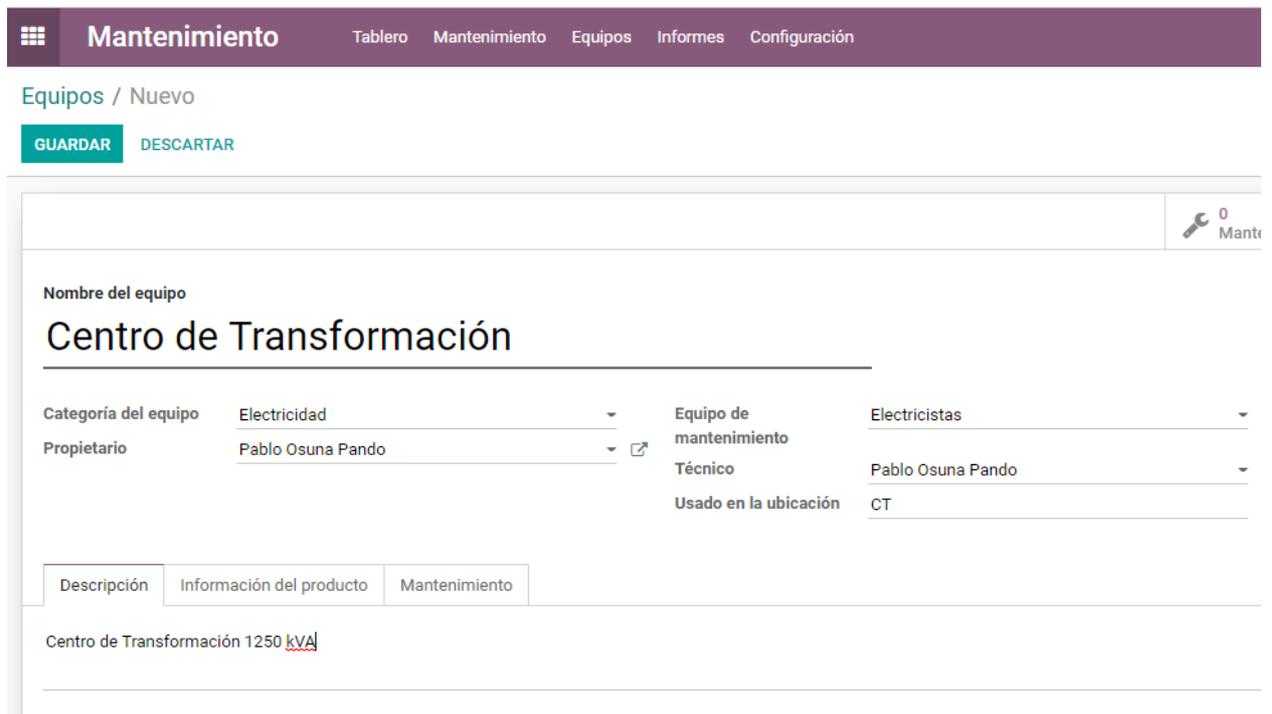


Figura 4-15. Creación de nuevo equipo

Además de los datos principales, tenemos tres subapartados para incluir una descripción, información del producto, y datos de mantenimiento.

Descripción	Información del producto	Mantenimiento
Proveedor	SCHNEIDER	Fecha efectiva
Referencia de proveedor	003215	Coste
Modelo	TRIHAL CLASE F	Fecha Expiración Garantía
Nº de serie	0021	

Figura 4-16. Información del Producto

Descripción	Información del producto	Mantenimiento
Frecuencia del mantenimiento preventivo	365	días
Duración de mantenimiento	200	horas

Figura 4-17. Mantenimiento del Equipo

Una vez definido el equipo, guardamos y los podemos visualizar todos en modo tarjeta o lista:

The screenshot shows a web interface for equipment management. At the top, there is a navigation bar with the title 'Mantenimiento' and several menu items: 'Tablero', 'Mantenimiento', 'Equipos', 'Informes', and 'Configuración'. Below the navigation bar, the page title is 'Equipos'. A prominent green button labeled 'CREAR' is visible. The main content area displays a card for a piece of equipment. The card contains the following information: 'Centro de Transformación (TRIHAL CLASE F)', the serial number '0021', and the date 'diciembre 1º'. There are also small icons for a refresh and a user profile at the bottom right of the card.

Figura 4-18. Vista del Equipo creado

Llegados a este punto, es el momento de utilizar UiPath. Como hemos visto, el proceso para crear equipos es bastante sencillo, siempre se utilizarán los mismos pasos y cargar todos los equipos sería una tarea muy repetitiva, es por esto que es ideal para automatizar.

Abriendo UiPath Studio nos encontramos con la siguiente interfaz:

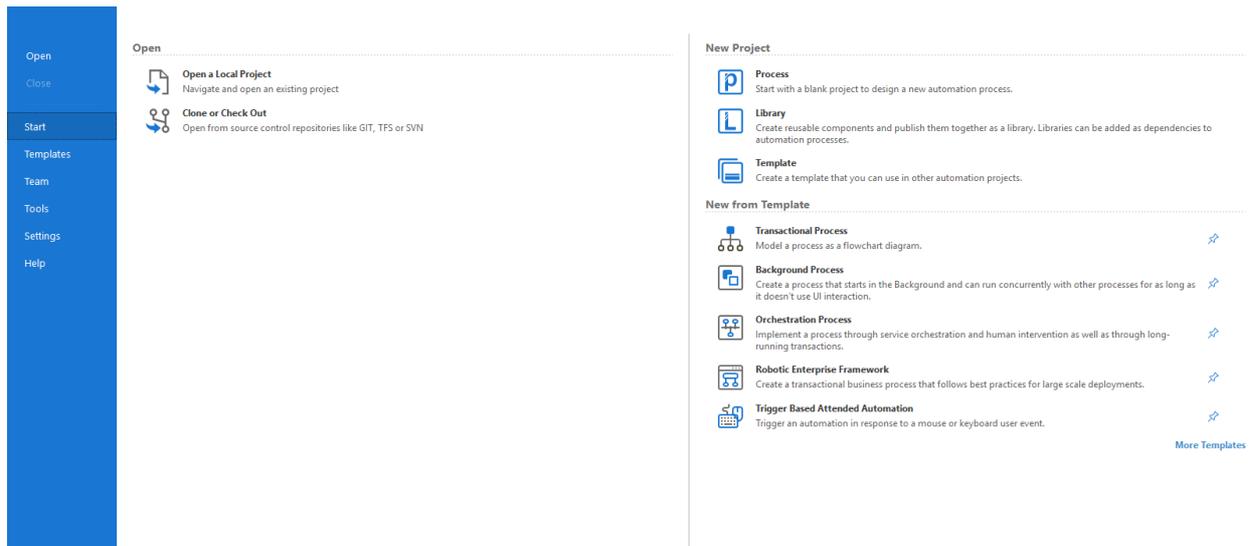


Figura 4-19. Primera vista UiPath

Abrimos un nuevo proceso y comenzamos a trabajar:

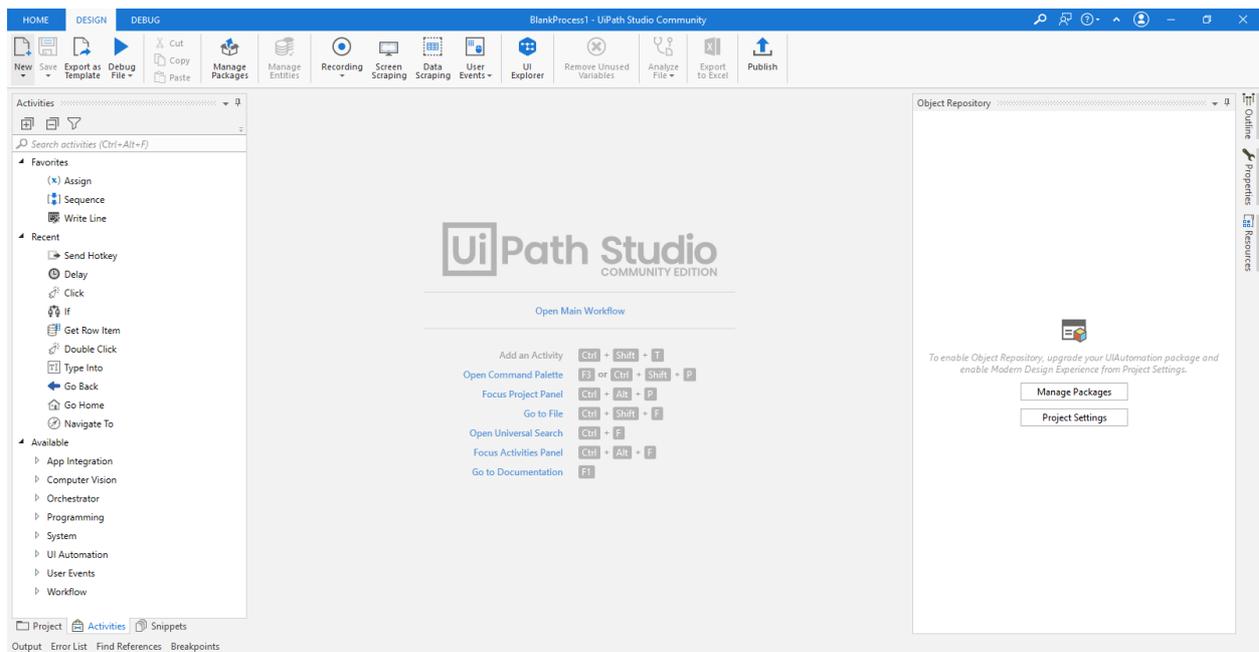


Figura 4-20. Interfaz de trabajo UiPath

A la izquierda, por defecto, las diferentes actividades que podemos añadir a nuestro proceso, en el centro el área de trabajo y a la derecha iremos viendo según avancemos las diferentes características de las actividades incluidas.

Nuestro programa lo llamaremos NuevosEquipos, y consistirá en un diagrama de flujo con dos actividades principales:

- Lectura de datos
- Generación de equipos en Odoo

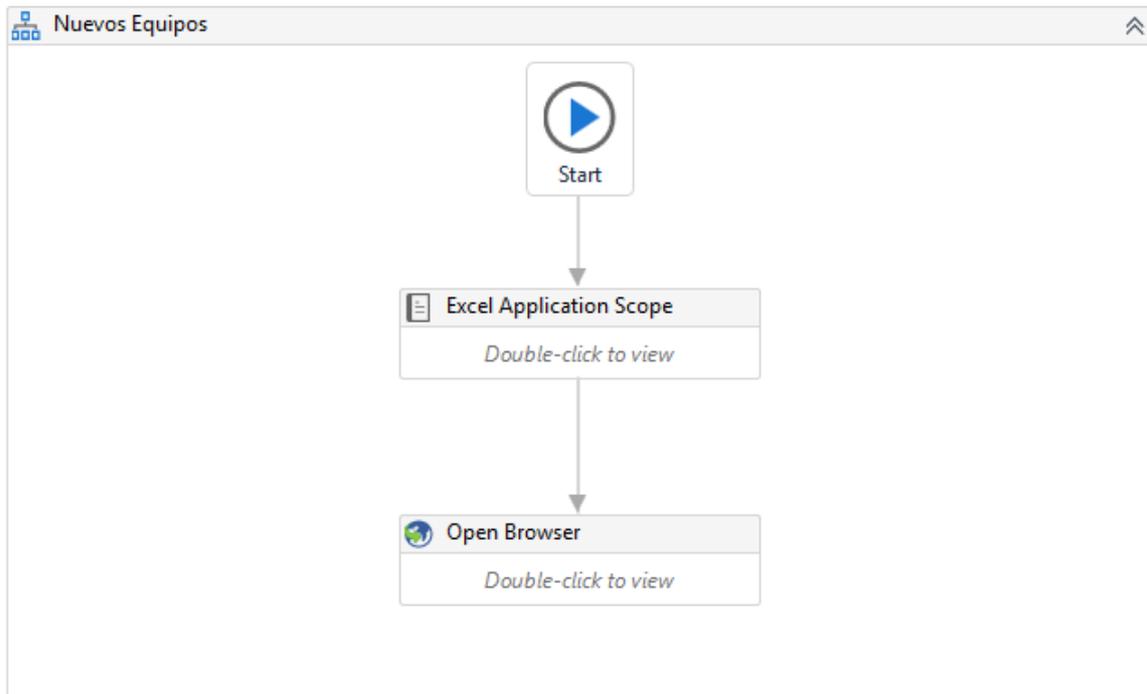


Figura 4-21. Diagrama de Flujo Nuevos Equipos

### Lectura de datos

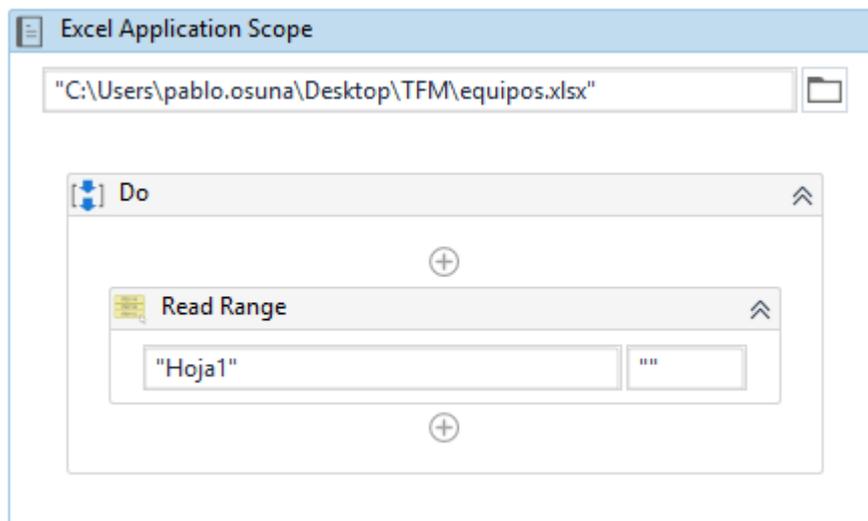


Figura 4-22. Excel Application Scope Nuevos Equipos

Excel Application Scope nos permite abrir archivos Excel que se encuentren en el equipo, indicando la ruta para encontrarlos. Podemos seleccionar diferentes opciones en la actividad como que cree el archivo en caso de no estarlo, o la opción Visible, que si no está marcada realizará las tareas correspondientes sin necesidad de abrir el archivo a la vista.

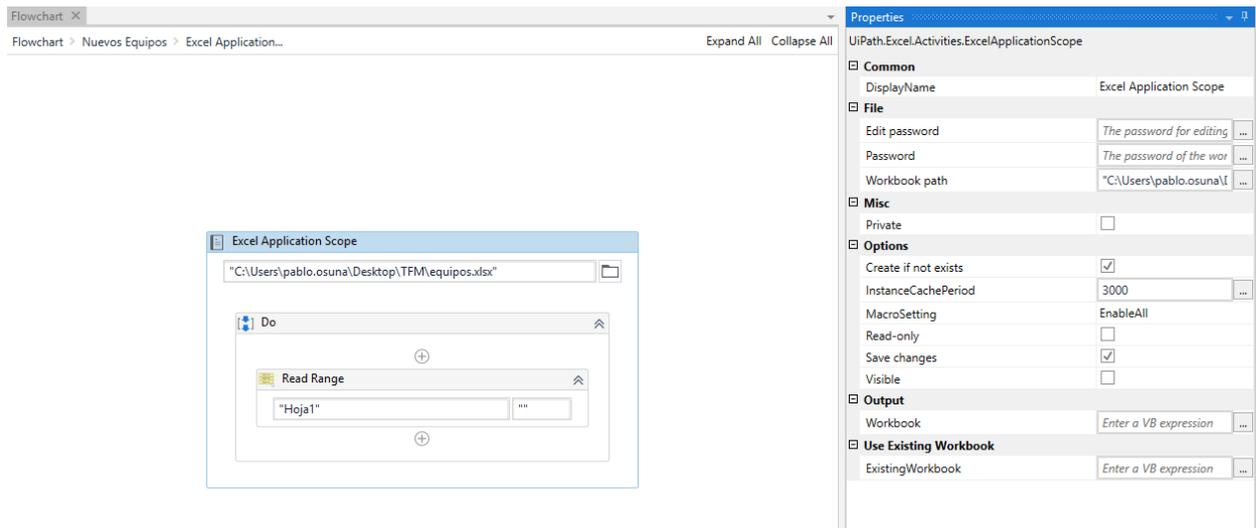


Figura 4-23. Excel Application Scope Nuevos Equipos II

Esta opción es la que nos conviene, ya que tenemos un Excel con toda la información del inventario, con la siguiente estructura:

Número	Nombre	Categoría	Propietario	Equipo de Mantenimiento	Tecnico	Ubicacion
1	Centro de Transformacion	Electricidad	Pablo Osuna Pando	Electricistas	Pablo Osuna Pando	CT
2	Pararrayos	Electricidad	Pablo Osuna Pando	Electricistas	Pablo Osuna Pando	Cubierta
3	SAI 001	Electricidad	Pablo Osuna Pando	Electricistas	Pablo Osuna Pando	CPD
4	SAI 002	Electricidad	Pablo Osuna Pando	Electricistas	Pablo Osuna Pando	CPD
5	SAI 003	Electricidad	Pablo Osuna Pando	Electricistas	Pablo Osuna Pando	CPD
6	SAI 004	Electricidad	Pablo Osuna Pando	Electricistas	Pablo Osuna Pando	CPD
7	Luminaria 001	Electricidad	Pablo Osuna Pando	Electricistas	Pablo Osuna Pando	Planta Baja

Figura 4-24. Excel origen

Una vez abierto el Excel, introducimos una actividad Read Range, que nos permite leer información de un rango de Excel e introducirla dentro de una variable tabla.

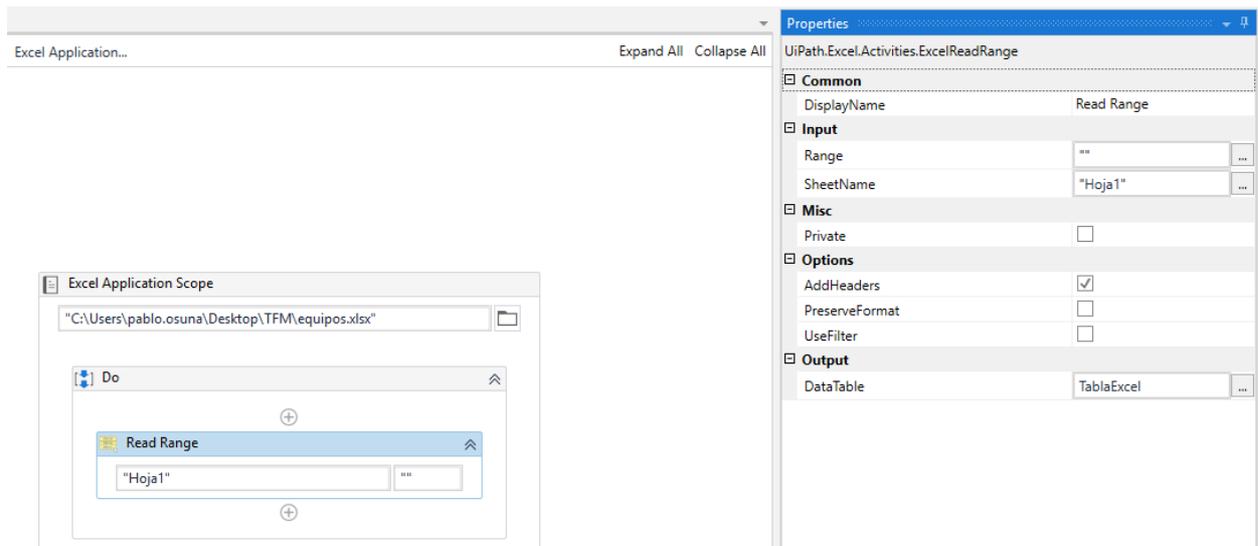


Figura 4-25. Lectura de datos

En este paso es importante marcar la opción AddHeaders, ya que nuestro Excel tiene títulos en las columnas. También es importante a la hora de definir la variable, que cambiemos el Scope, es decir el objetivo al Diagrama de Flujo entero, ya que si no la tendremos disponible en el segundo paso.

Name	Variable type	Scope	Default
TablaExcel	DataTable	Nuevos Equipos	Enter a VB expression

Figura 4-26. Creación variable

Toda vez que hemos recopilado los datos, es el momento de cargarlos en Odoo, para ello utilizamos una actividad Open Browser, que nos permite desde UiPath abrir un navegador y trabajar en él.

Para ello introducimos la dirección URL de la web a la que queremos acceder, es muy importante seleccionar el navegador, por defecto utilizará Internet Explorer.

Una vez abierto el navegador, procedemos a introducir una serie de actividades Click que nos permitirán navegar por el ERP hasta la generación de equipos. Esta actividad es realmente sencilla de utilizar, basta con tener el navegador abierto en la página correspondiente y seleccionar con el ratón.

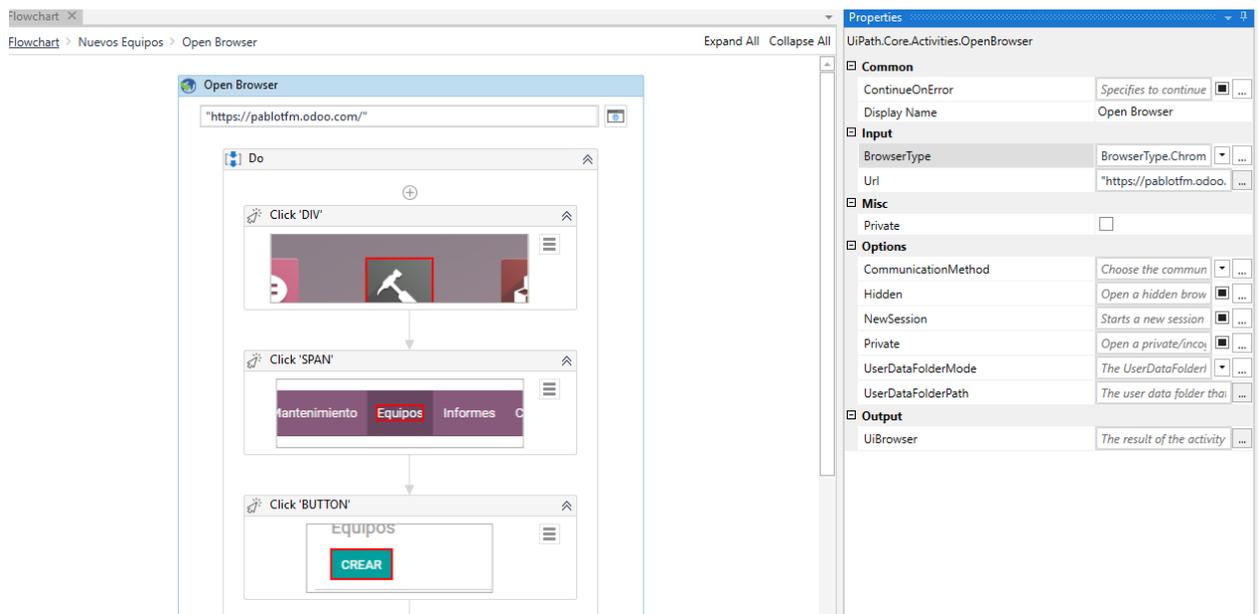


Figura 4-27. Open Browser Nuevos Equipos

Una vez aquí, introducimos un For Each Row, dando de entrada la tabla generada anteriormente. La actividad For Each Row ejecutará las tareas que le indiquemos para cada una de las filas de la tabla, en nuestro caso para cada uno de los equipos.

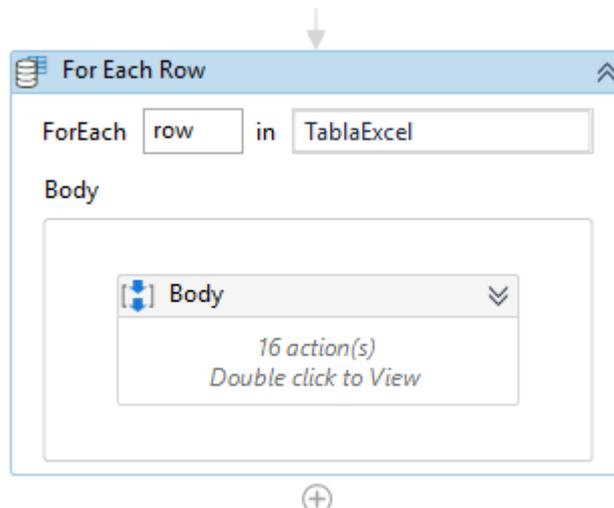


Figura 4-28. For Each Row Nuevos Equipos

Para la generación de equipos en Odoo, debemos introducir:

- Nombre
- Categoría
- Propietario
- Equipo de mantenimiento
- Técnico

- Ubicación

Para ello utilizaremos una actividad Get Row Item para cada uno, que nos permite tomar un valor de la fila concreto según la columna seleccionada. Podemos indicar la columna por número o como nosotros hemos añadido encabezado, por el nombre del mismo. Guardaremos los valores en seis variables del mismo nombre.

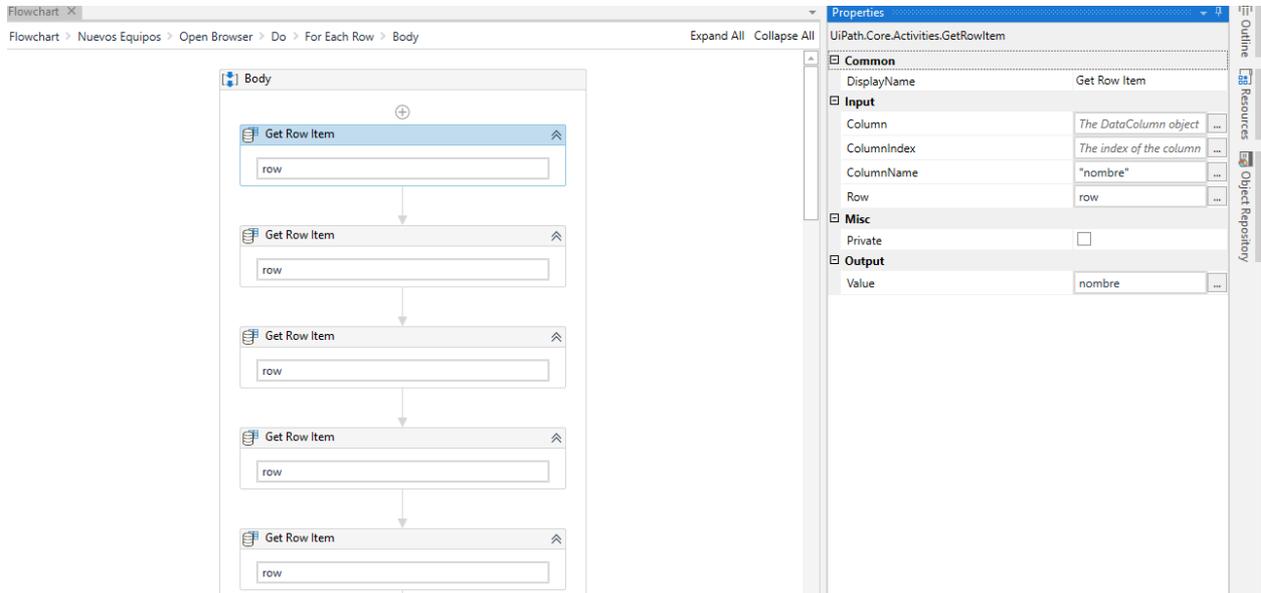


Figura 4-29. Get Row Item Nuevos Equipos

Para introducir los datos en Odoo, utilizaremos actividades Type Into, que nos permite introducir valores en campos de escritura web como los que nos ocupan. Su utilización es tan intuitiva como la de la actividad Click.

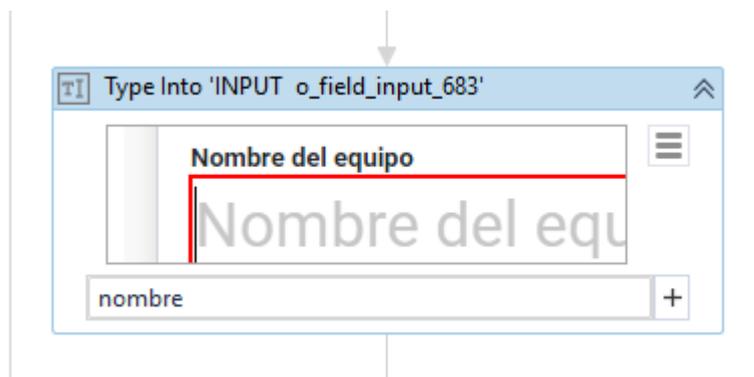


Figura 4-30. Type Into Nuevos Equipos

Algunos campos, como el de Categoría, se rigen por una lista desplegable, es por eso que, para poder avanzar, después de introducir el valor incorporamos la actividad Send Hotkey, que simula pulsar un botón del teclado.

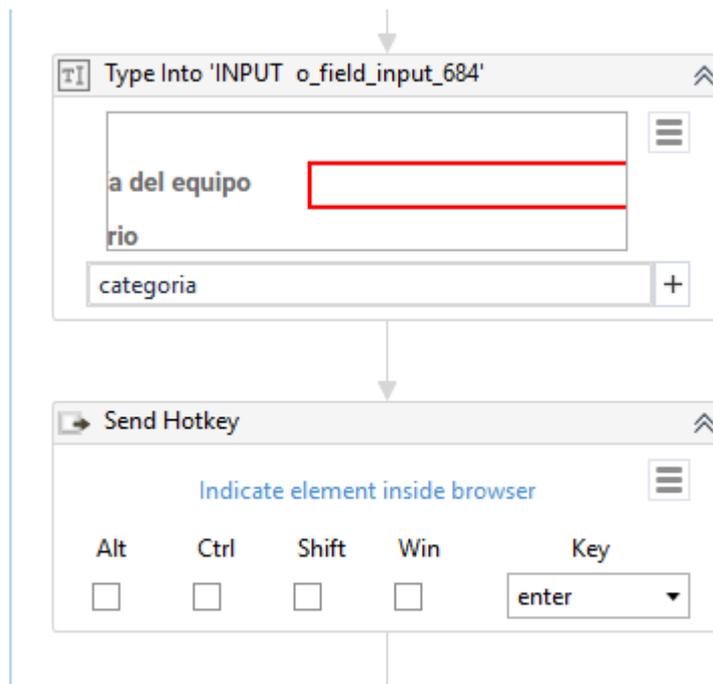


Figura 4-31. Send Hotkey Nuevos Equipos

Una vez introducidos los datos, insertamos un Click para pulsar en guardar y una instrucción Go Back, para retroceder a la pantalla anterior del navegador, dejándola en el punto de partida de creación de equipos para la siguiente fila. Tras la acción de guardar y de volver atrás, introducimos un Delay de tres segundos, para dar tiempo suficiente a que cargue la página.

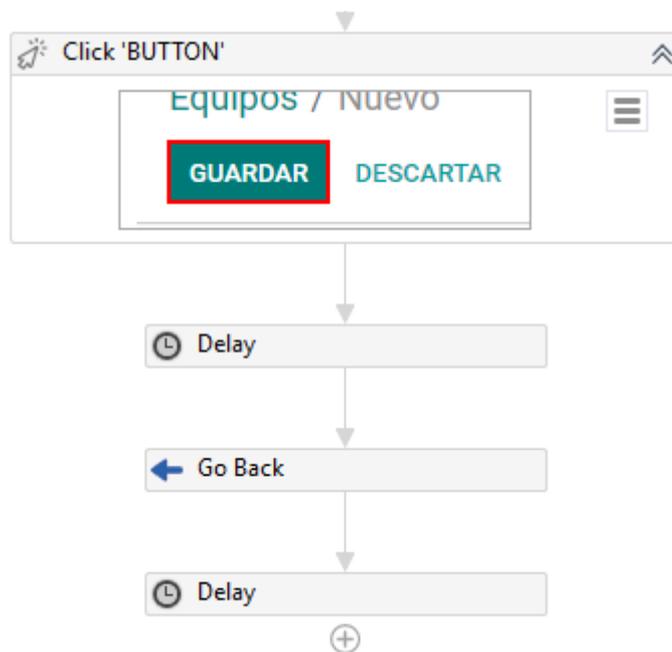


Figura 4-32. Guardar y Go Back Nuevos Equipos

Y con esta instrucción finalizaría el diagrama, podemos incluir si lo deseamos una acción Close Browser, para cerrar el navegador una vez finalizadas las tareas.

Tras ejecutar la automatización y después de unos 30 minutos aproximadamente, tenemos cargados los 271 equipos. Tiempo valioso de un trabajador que puede aprovechar en tareas más valiosas.

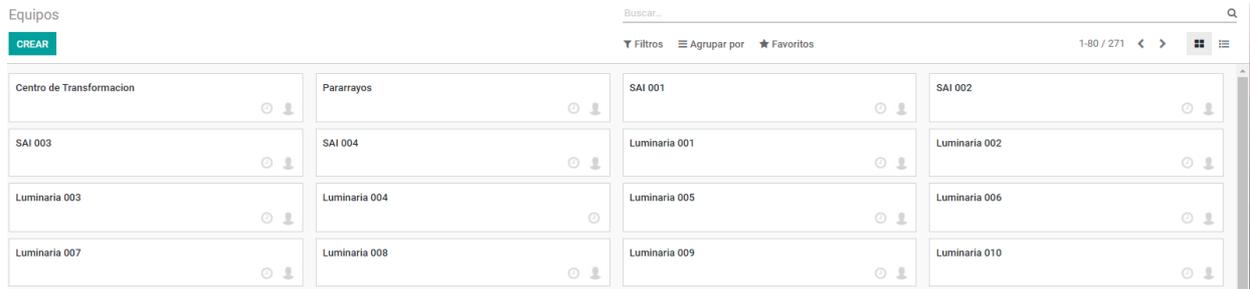


Figura 4-33. Vista Kanban Equipos

Podemos visualizar por lista y agrupar por contenido también:

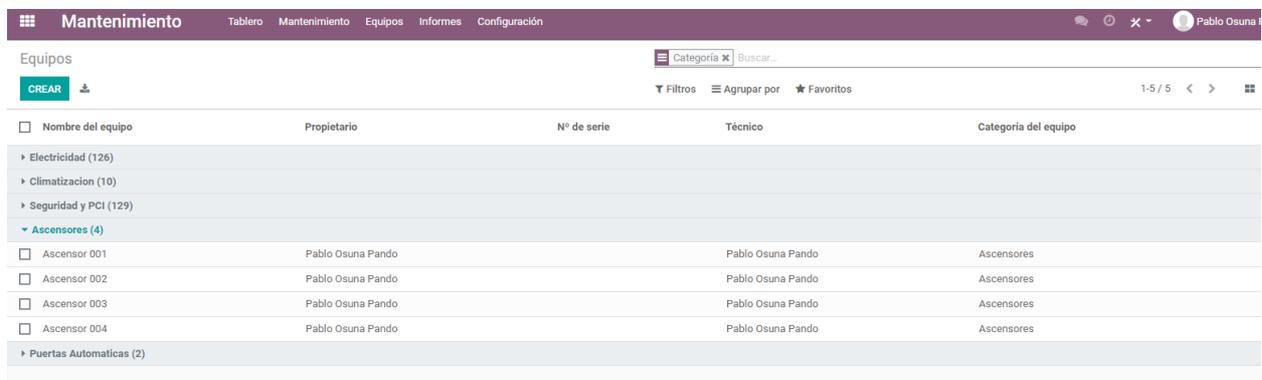


Figura 4-34. Vista lista agrupada Nuevos Equipos

Una vez generados los equipos, podemos proceder a generar las Peticiones de Mantenimiento. Dentro de la pestaña Mantenimiento, tenemos por un lado Peticiones de Mantenimiento, y por otro Calendario de Mantenimiento. Comenzando por las Peticiones:

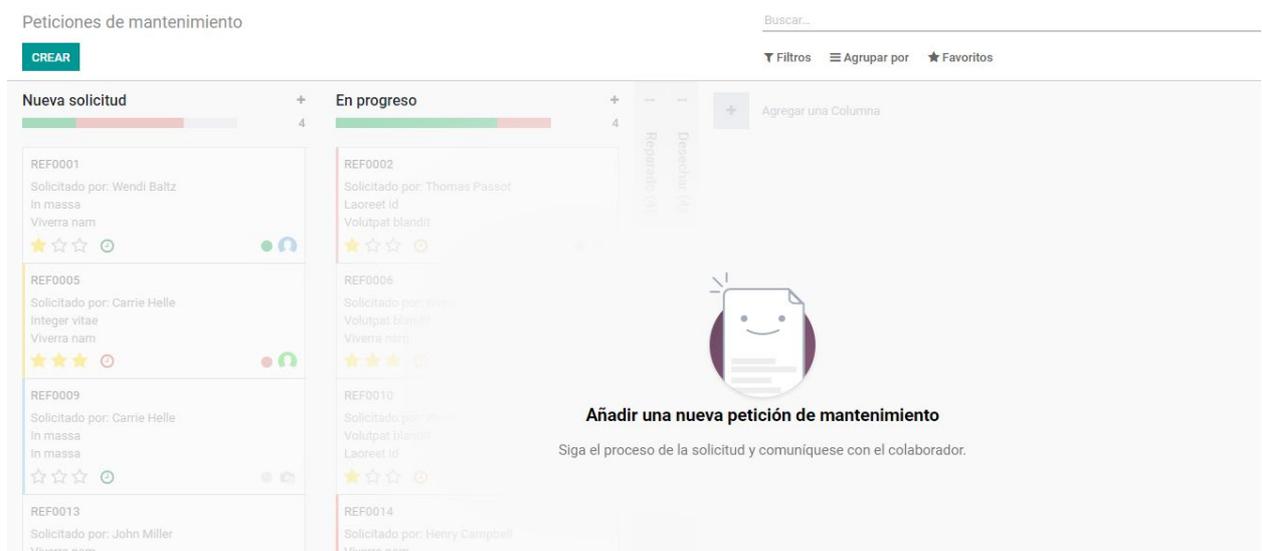


Figura 4-35. Peticiones de Mantenimiento

Para generarlas debemos introducir la siguiente información:

The screenshot shows a web application interface for creating a maintenance request. At the top, there is a navigation bar with the title 'Mantenimiento' and several menu items: 'Tablero', 'Mantenimiento', 'Equipos', 'Informes', and 'Configuración'. Below the navigation bar, the page title is 'Peticiones de mantenimiento / Nuevo'. There are two buttons: 'GUARDAR' (highlighted in green) and 'DESCARTAR'. A progress bar at the top right shows four stages: 'NUEVA SOLICITUD' (active), 'EN PROGRESO', 'REPARADO', and 'DESECHAR'. The main form area is titled 'Titulo' and contains the following information:

- Titulo:** 1A.Centro de Transformacion
- Equipamiento:** Centro de Transformacion
- Categoría:** Electricidad
- Fecha de solicitud:** 21/11/2020
- Tipos de mantenimiento:**  Correctivo,  Preventivo
- Equipo:** Electricistas
- Responsable:** Pablo Osuna Pando
- Fecha prevista:** 01/12/2020 18:00:00
- Duración:** 00:45 horas
- Prioridad:** ★★☆☆

At the bottom of the form, there is a section for 'Notas internas' with a text input field.

Figura 4-36. Creación Petición de Mantenimiento

En nuestro caso práctico vamos a utilizar únicamente mantenimiento preventivo, y para estandarizar la nomenclatura de las tareas preventivas utilizaremos un prefijo que indique la periodicidad del trabajo que se realiza:

- 1S: semanal
- 1M: mensual
- 3M: trimestral
- 6M: semestral
- 1A: anual

Tras la periodicidad introducimos el código del equipo precedido de un punto separatorio. Las peticiones de mantenimiento, ya sean correctivas o preventivas, pueden encontrarse en cuatro estados: Nueva solicitud, En progreso, Reparado, Desechar.

Para avanzar de un estado a otro podemos entrar en la petición:



Figura 4-37. Petición de Mantenimiento Creada

O en la vista general de peticiones, tenemos la opción de vista Kanban, en la que podremos arrastrar la tarjeta de la petición a otro estado cualquiera.

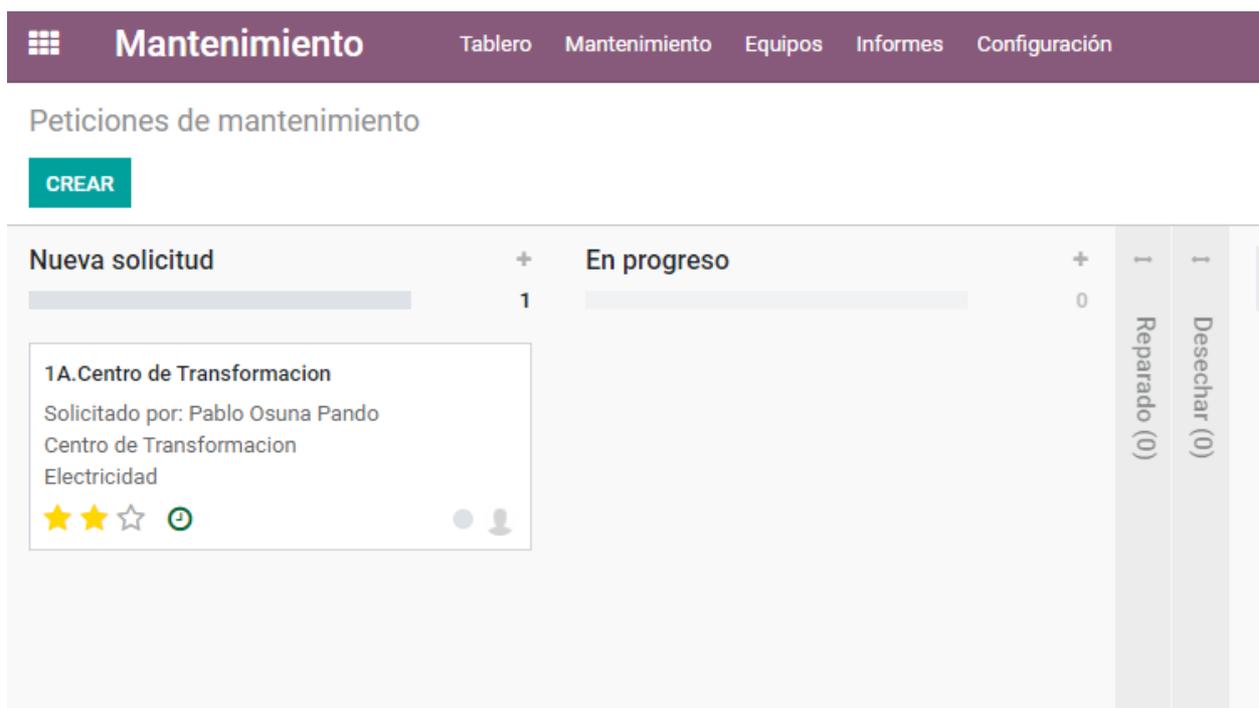


Figura 4-38. Vista Kanban Peticiones

Como vemos, este proceso también es automatizable, así que aprovecharemos nuevamente UiPath. La estructura será muy similar, comenzando por un diagrama de flujo con la misma estructura:

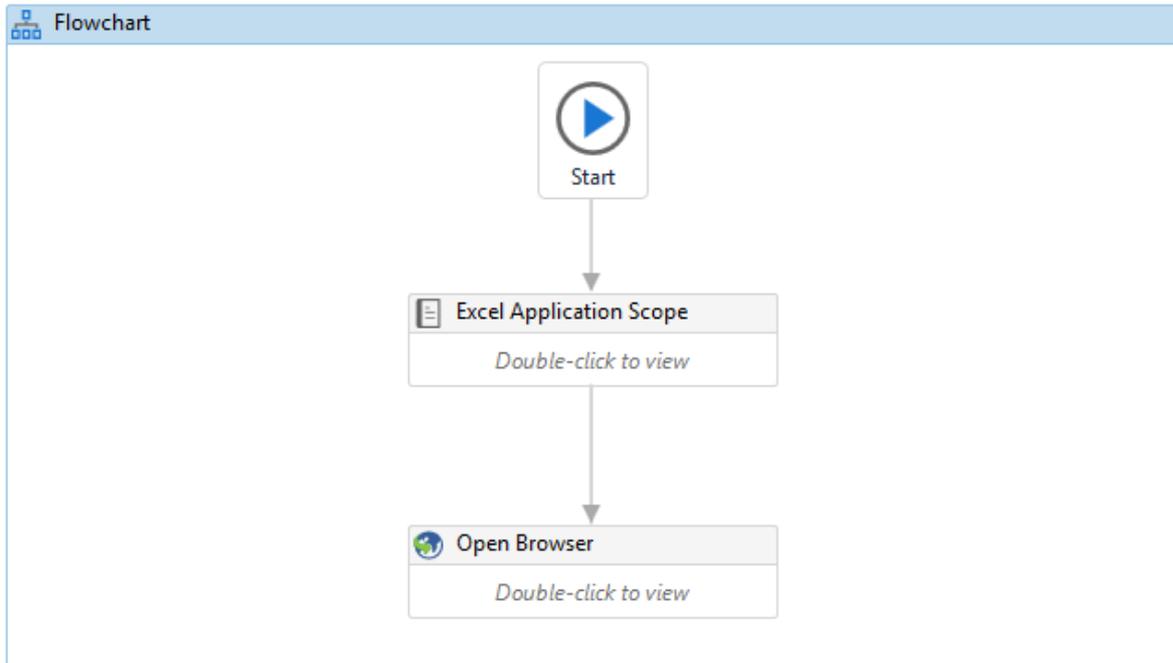


Figura 4-39. Diagrama de Flujo Nuevas Peticiones

Al igual que con los equipos, leemos la tabla de datos de Excel con Excel Application Scope:

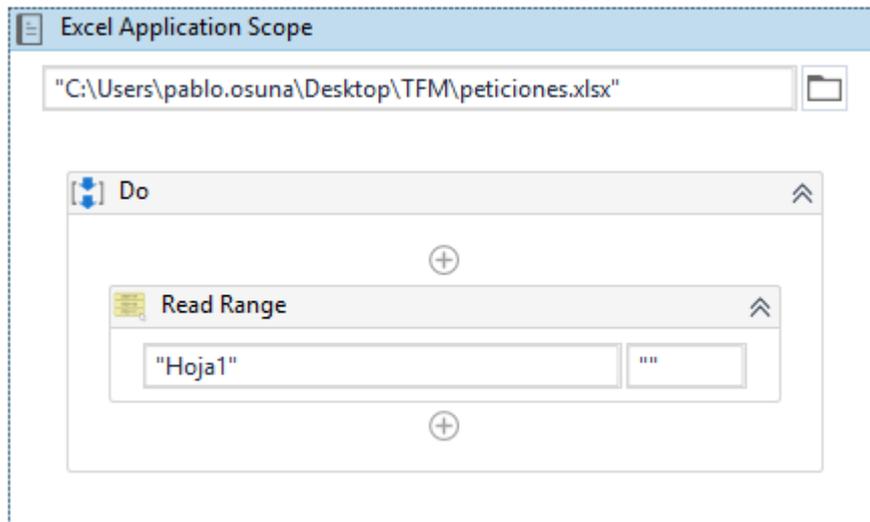


Figura 4-40. Excel Application Scope Nuevas Peticiones

El Excel tendrá la siguiente estructura:

1	A	B	C	D	E	F
1	Titulo	Equipamiento	Fecha prevista	Duracion	Prioridad	Notas
2	3M.SAI 001	SAI 001	30/11/2020 10:00:00	00:15	Media	Comprobar la ausencia de calentamientos anormales
3	3M.SAI 002	SAI 002	1/12/2020 10:00:00	00:15	Media	Comprobar la ausencia de calentamientos anormales
4	3M.SAI 003	SAI 003	2/12/2020 10:00:00	00:15	Media	Comprobar la ausencia de calentamientos anormales
5	3M.SAI 004	SAI 004	3/12/2020 10:00:00	00:15	Media	Comprobar la ausencia de calentamientos anormales
6	6M.CT	Centro de Transformacion	4/12/2020 12:00:00	00:10	Alta	Verificar y anotar la resistencia de la red de tierra
7						

Figura 4-41. Excel origen II

La entrada en el navegador la realizamos del mismo modo y con los Clicks avanzamos hasta la página de creación de petición de mantenimiento:

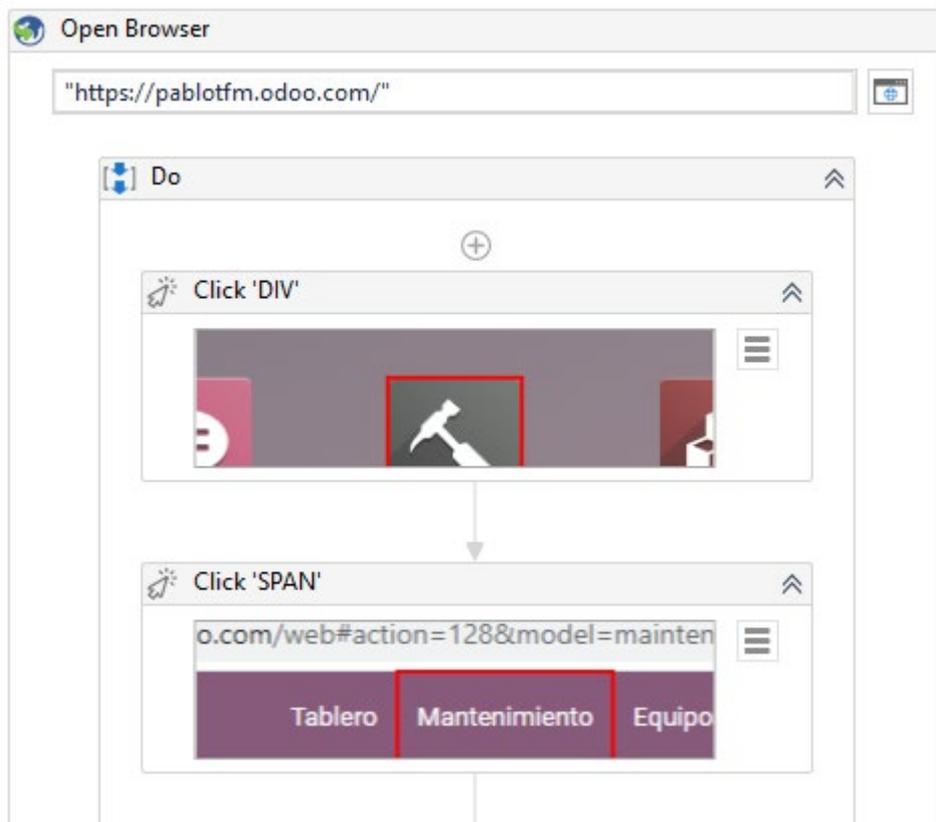


Figura 4-42. Open Browser Nuevas Peticiones

Para la escritura, utilizamos de nuevo el For Each Row y el Get Row Item:

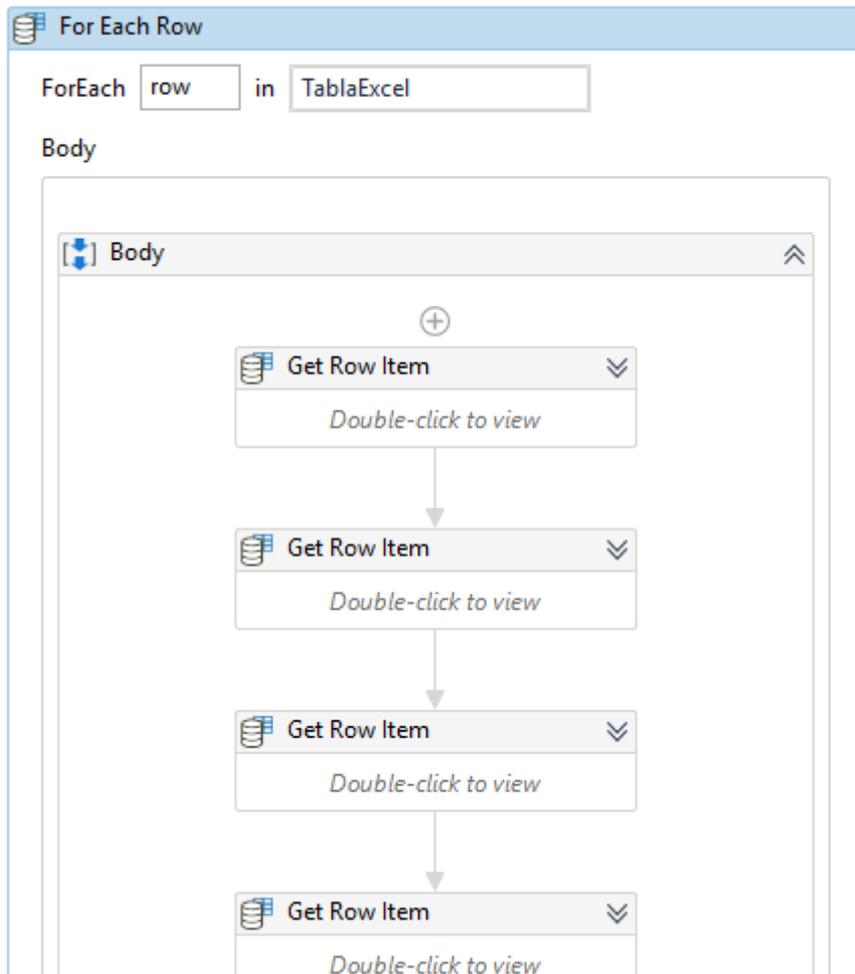


Figura 4-43. For Each Row y Get Row Item Nuevas Peticiones

Para la escritura utilizamos de nuevo el Type Into y el Send Hotkey en los casos que sea necesario. Más el Doble Click para seleccionar que la tarea es preventiva.

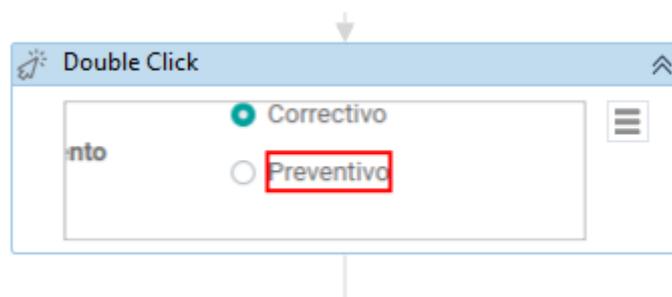


Figura 4-44. Doble Click Nuevas Peticiones

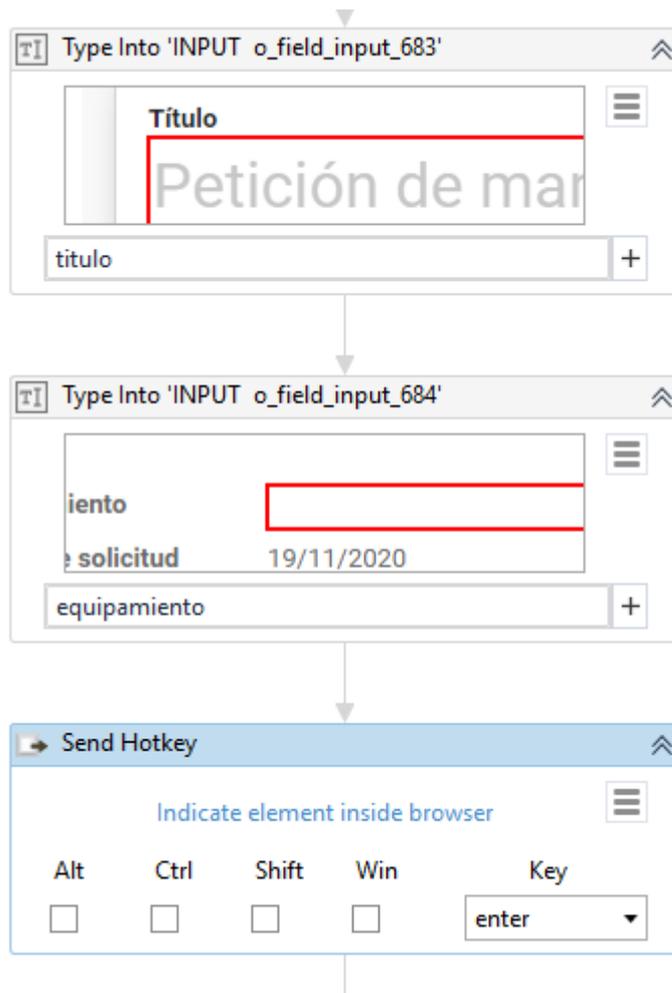


Figura 4-45. Type Into y Send Hotkey Nuevas Peticiones

Para la prioridad que va de 1 a 3 estrellas, establecemos dos If/then con sendos Clicks:

- Si la prioridad es Baja clicamos en 1 estrella
- Si no es Baja y es Media en 2 estrellas
- Si no se cumple ninguna de las dos anteriores es que es alta, por lo que clicamos en 3 estrellas.

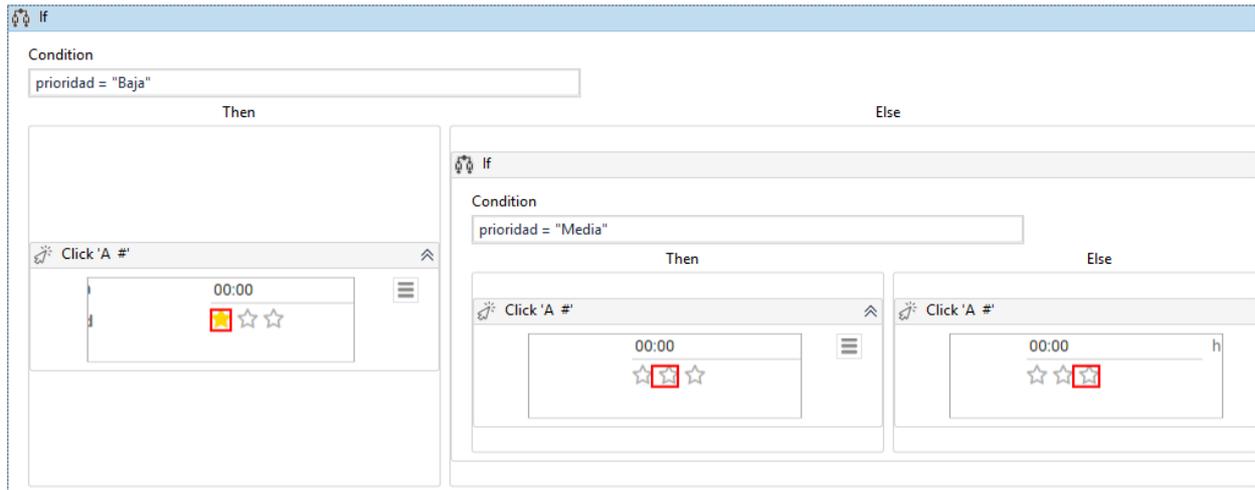


Figura 4-46. If/then Nuevas Peticiones

Esta misma dinámica se podría utilizar si queremos incluir correctivos.

Para finalizar, la misma estructura que para los nuevos equipos, guardar, Delay, volver atrás y Delay:

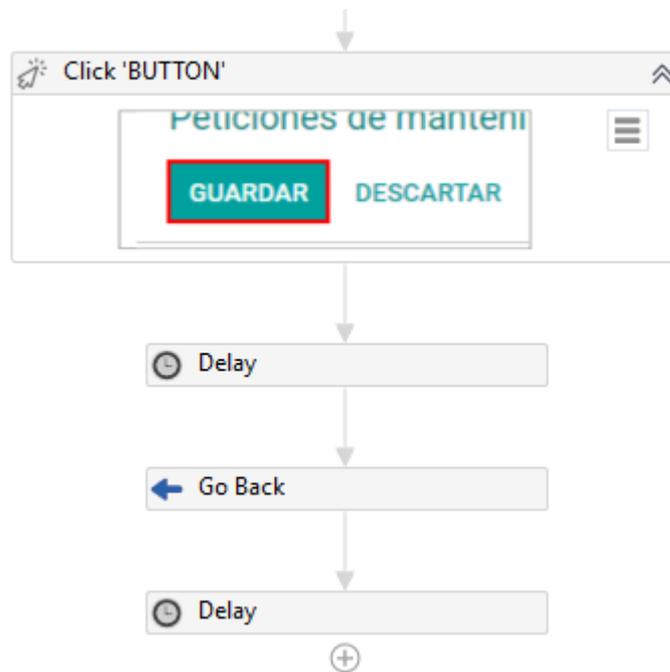


Figura 4-47. Guardar y Go Back Nuevas Peticiones

Esto nos permitirá por ejemplo cargar las peticiones de mantenimiento semanales de manera automática. Cargando las tareas incluidas en el Excel anteriormente, generamos las cuatro órdenes en apenas un minuto sin intervención humana:

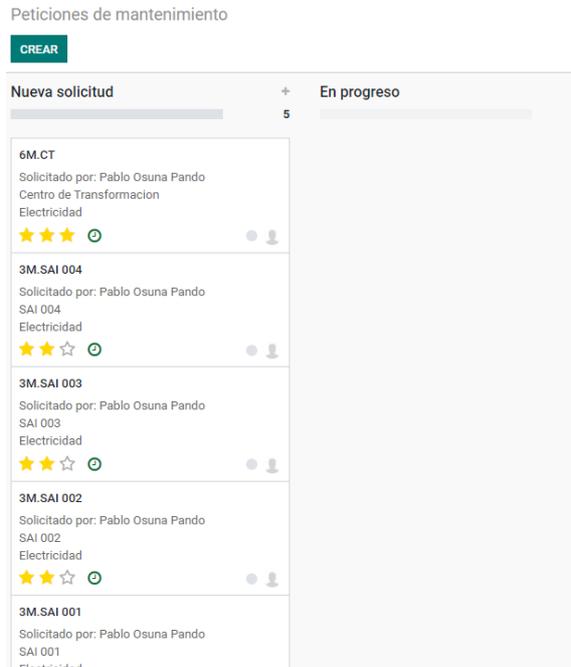


Figura 4-48. Peticiónes creadas en Kanban

Una vez generadas podemos administrarlas como Kanban, moviéndolas para cambiar su estado o visualizarlas en lista o en forma de calendario:



Figura 4-49. Peticiónes en progreso



Figura 4-50. Peticiónes en Calendario

Llegados a este punto del proceso, el resto de tareas, como la gestión de peticiónes ya generadas, informes, etc. requieren de un juicio de valor que precisa de la actuación humana. Sin embargo, las dos tareas más tediosas como son la generación de equipos y peticiónes, quedan totalmente automatizadas, liberando tiempo en este caso para el responsable de mantenimiento.

Todo ello gracias a la integración de ERP con RPA.

# 5 CONCLUSIONES

---

Finalizado nuestro proyecto, podemos sacar las siguientes conclusiones:

1. El análisis de las instalaciones en nuestro caso práctico basándonos en la metodología RCM y la aplicación práctica de las medidas resultantes del estudio, poseen una serie de ventajas sobre otras técnicas de mantenimiento de instalaciones:
  - a. Mejora de la seguridad: al identificar todos los fallos potenciales con posibilidad de provocar daños a las personas, se está trabajando de manera directa sobre la prevención de riesgos, haciendo del edificio un lugar más seguro.
  - b. Aumento de la fiabilidad y productividad: poniendo el foco en aquellas instalaciones con mayor tasa de fallo y que en mayor medida afectan a la actividad operacional del edificio, estamos disminuyendo la probabilidad de una avería imprevista y que obligue a parar la actividad.
  - c. Mayor conocimiento de las instalaciones: aplicar la metodología RCM obliga a toda la plantilla implicada a realizar un estudio no solo de las instalaciones objeto del mantenimiento, sino de sus tasas de fallo, impacto operacional, impacto sobre la seguridad, modos de fallo, etc.
  - d. Aumento en la eficiencia de los trabajos: al centrarnos en aquellos equipos que son críticos dentro de nuestro edificio y realizar tareas realmente enfocadas a mejorar la fiabilidad de la instalación.
2. Por otro lado, aplicar el RCM ha tenido sus dificultades. En primer lugar, había que elaborar el inventario total de los equipos del edificio, junto con su ubicación, y realizar un estudio de sus datos relevantes para el análisis de criticidad. Esto evidentemente requiere de una amplia dedicación de tiempo si se quiere hacer el estudio en detalle y completo, y en función de las características del edificio.

Otra dificultad a la hora de aplicar el RCM es el trabajo en equipo, recordemos que dentro del equipo se encuentran perfiles de diferentes ámbitos y trabajar en conjunto no siempre es lo más sencillo.

3. Para la implementación del ERP en nuestra gestión del mantenimiento, la parte más laboriosa sin duda ha sido la elección del mismo. La oferta de ERPs es amplísima, y en un primer momento buscamos para el presente trabajo alguna versión gratuita de uno de los sistemas más populares y potentes en cuanto a posibilidades. Finalmente nos decantamos por un software libre como Odoo al no encontrar nada que se ajustase a nuestras necesidades.

Una vez elegido Odoo, la implantación no entrañaba demasiada dificultad. Como comentamos en el proyecto, el registro es muy rápido y la interfaz de trabajo es muy amable y fácil de entender con básicos conocimientos de mantenimiento industrial. Mejorable la capacidad de personalización de los campos a rellenar tanto en equipos como en peticiones de mantenimiento.

4. La elección de UiPath desde un primer momento como RPA fue clara, ya que presenta dos

ventajas definitorias: gratuito y documentación extensa. Al comenzar a trabajar con UiPath, especialmente si no se tiene gran formación en programación, cuesta un poco hacerse a la interfaz y al modo de programar, aunque sea visual. Es por esto que es recomendable dedicar algunos días al principio a los cursos de iniciación que encontramos en la página de UiPath Academy, que finalizan además con casos prácticos.

Una vez comenzamos a automatizar nuestro proceso, lo recomendable es ir depurando paso a paso, ya que, si depuramos al final y algo va mal, será más complejo detectar el fallo. Si en algún momento se tienen dificultades, como fue en el caso de este trabajo para la aplicación de la actividad For Each Row, la comunidad tanto en español como en inglés que encontramos en internet para ayudar es amplísima.

5. La aplicación para la empresa de la metodología RCM, en consonancia con Odoo y UiPath reporta una serie de beneficios y ahorros, comparativamente con no haber seguido estos pasos:
  - a. Ahorro en trabajos correctivos: correctamente aplicada la metodología RCM y las tareas predictivas, el número de tareas correctivos y el coste asociado a las mismas debe disminuir.
  - b. Eliminación de documentación en papel: pasamos a gestionar íntegramente el seguimiento de partes de trabajo desde el ERP, reduciendo al mínimo posible el uso de papel en partes de trabajo.
  - c. Mejora del seguimiento del mantenimiento y las instalaciones: el ERP nos permite realizar un seguimiento en directo del estado de las peticiones de mantenimiento, las peticiones pendientes de cada instalación, y ver a modo de informes un resumen de toda la información, facilitando la gestión de las tareas.
  - d. Disminución de tareas repetitivas: con la automatización de procesos como la carga de inventario y de peticiones, liberamos al responsable de mantenimiento de estas tareas tediosas, teniendo mayor disponibilidad para tareas que requieran de su conocimiento.
  - e. Instalar la cultura del RCM: para la aplicación de la metodología RCM hemos implicado a personal de diversos departamentos del edificio, involucrándolos en la toma de decisiones, y haciéndolos partícipes de la cultura de la prevención, fiabilidad y seguridad, aplicable y extensible a la cultura de la empresa.

## 6 LÍNEAS FUTURAS

---

El trabajo aquí presentado no posee un final cerrado, es por ello, que queremos destacar algunas líneas de actuación futuras:

1. Como ya hemos mencionado, el mantenimiento preventivo consiste en la ejecución de las operaciones, inspecciones y revisión de las instalaciones, así como la regulación y ajuste de estas de forma periódica o sistemática, pero esto no significa que sea estático.

Sería interesante, con una periodicidad establecida, actualizar los planes de mantenimiento con:

- Altas y bajas de equipos que se puedan producir.
- Altas y bajas de personal que se pueda producir.
- Cambio, adición o eliminación de tareas para la adaptación a normativa.

La información del ERP nos permite tener un mayor control del proceso, más flexibilidad, mejor optimización de recursos y una variada y completa información, prácticamente en tiempo real, de las instalaciones y equipos.

2. Es habitual que una empresa externalice el servicio de mantenimiento con la intención de centrarse en su actividad principal. Esto además se suele hacer buscando ahorro de costes y menor nivel de toma de decisiones, aunque en numerosos casos estas compañías externas buscan únicamente su beneficio económico, prestando un servicio de baja calidad. Sin embargo, como hemos visto en el presente estudio, existen herramientas fáciles de utilizar que acercan la gestión del mantenimiento a las empresas, permitiendo no tener que buscar ese servicio de terceros
3. No debemos perder de vista en ningún momento la mejora continua. El RCM en sí mismo necesita ser revisado, mejorado y perfeccionado. Así como en análisis de nuestros equipos en particular.
4. Para facilitarnos en esta tarea, es necesario hacer extensible la transmisión de datos al ERP de manera completa, no solo de las tareas que identificamos para equipos críticos, también del resto de equipos y tareas preventivas, técnico legales y correctivas.
5. Como hemos presentado en la presente memoria, Odoo, como cualquier ERP, posee más módulos que podrían ser interesantes para la empresa, no limitándonos únicamente al mantenimiento.
6. Del mismo modo, con total seguridad dentro de la compañía existen numerosas tareas susceptibles de ser automatizadas, sería extremadamente positivo extender la automatización a todos los departamentos.



## 7 BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] AENOR, "AENOR: Norma UNE-EN 13306:2018"
- [2] MONTILLA, Carlos A.; ARROYAVE, Juan Felipe; SILVA, Carlos Eduardo. Caso de aplicación de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, previa existencia de mantenimiento preventivo. *Scientia et technica*, 2007, vol. 1, no 37.
- [3] DEPESTRE, Luís Orlando Linares. Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. *Revista Centro Azúcar*, 2012, vol. 39, no 3.
- [4] FERNÁNDEZ, Francisco Javier González. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. FC editorial, 2005.
- [5] TAVARES, Lourival Augusto. Administración Moderna del Mantenimiento, 2001
- [6] MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Gran Bretaña: Aladon ltda, 2004.
- [7] KARDEC, A & NASCIF, J: Mantenimiento, Función Estratégica, Qualitymark, Brasil, 2001.
- [8] ROBERTS, J. Mantenimiento Productivo Total, su Definición e Historia: Departamento de Tecnología e Ingeniería Industrial Texas A&M University-Commerce, 2009
- [9] <https://historia-biografia.com/seiichi-nakajima-padre-del-mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- [10] TORRES, Leandro Daniel. Mantenimiento. Su implementación y gestión. Editorial UNIVERSITAS. 2da edición. Argentina, 2005, vol. 76.
- [11] SASTRE, Pau. Desarrollo de una aplicación para Odoos ERP. Universidad Politécnica de Valencia, 2020
- [12] MOGROVEJO, Jean. Implementación del ERP Open Source Odoos en una PYME. Universidad de Guayaquil, 2017.
- [13] <https://www.emagister.com/blog/cuales-son-los-sistemas-erp-mas-usados/>
- [14] CHIESA, Florencia. Metodología para selección de sistemas ERP. Reportes técnicos en ingeniería del software, 2004, vol. 6, no 1, p. 17-37.
- [15] <https://www.uipath.com/es/rpa/automatizacion-robotica-de-procesos>
- [16] DELOITTE. La era de la Automatización: Implementación de Robotics en los Centros de Servicios Compartidos, 2016
- [17] SOTELO, Andy. Soluciones basadas en Automatización Robótica de Procesos (RPA) para la integración de sistemas empresariales y automatización de procesos de negocio en el sector seguros. Universidad Politécnica de Madrid, 2018.

[18] <https://www.digitalbizmagazine.com/elegir-la-herramienta-de-rpa-adecuada/>

[19] <https://www.octoparse.es/blog/las-mejores-herramientas-de-rpa>

[20] Holgado, María & Crespo, Adolfo. Aplicación del mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM) a equipos críticos de una central de ciclo combinado. Proyecto Fin de Carrera, 2009