

# Memoria Justificativa y Solicitud de Contratación

SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE  
MÁQUINAS AUTOMÁTICAS DE VENTA

SC 2000002834



## ÍNDICE

1. OBJETO DE LA SOLICITUD DE CONTRATACIÓN.....	2
2. DATOS DE LA LICITACIÓN.....	2
3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.....	6
4. COMPARATIVA ECONÓMICA.....	20
5. INFORMACIÓN PRESUPUESTARIA.....	20

Aprobado por:	Carlos Cuadrado
---------------	-----------------

### Control del documento:

Versión	Fecha	Código
1.0	15/11/2018	IN-MI-IOPE-18-01-0028

## 1. OBJETO DE LA SOLICITUD DE CONTRATACIÓN

El presente documento tiene por objeto elevar a la aprobación del correspondiente órgano de contratación de Metro de Madrid, S.A., la autorización para el inicio de un proceso de licitación que tiene por objeto la contratación de un sistema de análisis predictivo del mantenimiento de máquinas automáticas de venta.

El principal objetivo es la obtención de un sistema con capacidad de predecir incidencias de las máquinas automáticas de venta en base a la información de operación y monitorización de los equipos, con antelación suficiente para permitir la actuación, como herramienta para la mejora del mantenimiento de las máquinas.

El alcance de esta contratación contempla el diseño de la arquitectura hardware y software, el método de procesamiento de datos, el desarrollo y entrega de los modelos predictivos construidos, así como el análisis de viabilidad de la implementación del sistema en entorno real y la redacción de las especificaciones técnicas correspondientes para la implantación de la solución obtenida.

## 2. DATOS DE LA LICITACIÓN

- **Objeto:**

Contratación consistente en la realización de un “Sistema de mantenimiento predictivo de máquinas automáticas de venta”.

- **Servicio responsable de la ejecución del contrato:**

Servicio de Ingeniería de Mantenimiento de Instalaciones y Comunicaciones

- **Valor estimado del contrato (artículo 101):**

Valor estimado: 212.296,00 euros (IVA no incluido)

- **Método de cálculo aplicado para determinar el valor estimado (artículo 101)**

El valor real de los distintos contratos análogos adjudicados durante el ejercicio precedente, ajustado en función de los precios habituales en el mercado

- **Presupuesto base de licitación (Art. 100):**

[www.metromadrid.es](http://www.metromadrid.es)  
Cavanilles 58. 28007, Madrid

- Base imponible (BI): 212.296,00 euros
- Importe del I.V.A.: 44.582,16 euros
- Presupuesto Base de Licitación (PBL): 256.878,16 euros (IVA incluido).

▪ **Desglose del presupuesto base de licitación: (Art. 100.2)**

Concepto	Total
Tratamiento y preparación de base de datos	18.400,00 €
Ensayos y validación de modelos de análisis predictivo de mantenimiento	144.000,00 €
Especificaciones Técnicas del Módulo de Mantenimiento Predictivo	16.000,00 €
	<b>178.400,00 €</b>

- Costes Directos 178.400,00 €
  - Mano de Obra: 168.400,00 €
  - Servicios Ext.: 9.000,00 €
  - Materiales: 1.000,00 €
- Gatos Generales (13%) 23.192,00 €
- Beneficio industrial (6%) 10.704,00 €
- IVA (21%) 44.582,16 €
- Total **256.878,16 €**

El coste horario de la mano de obra se ha estimado en 100 €/Hora de Ingeniero Especialista en análisis predictivos.

▪ **Modificación del contrato**

☒ No Procede

▪ **División en lotes:**

☒ **NO se divide en lotes (Art. 99.3)**

- **Justificar los motivos** de la no división en lotes: dado que el objetivo es el desarrollo de un modelo de mantenimiento predictivo que es único y común para todo el parque de equipos de venta, no tiene sentido la división.

▪ **Duración del contrato:**

- Plazo de duración/ejecución inicial del contrato: 7 meses
- Hito a partir del cual comienza la duración/ejecución del contrato:
  - ☒ A partir del día siguiente a la formalización del contrato
- Prórrogas:
  - ☒ NO

▪ **Clasificación del contrato:**

- ☒ Sujeto a LCSP (Ley 9/2017)

▪ **Naturaleza del contrato:**

- ☒ Servicios

▪ **Procedimiento de licitación:**

- ☒ Procedimiento Abierto

▪ **Criterio de adjudicación (Arts. 145 y 146):**

- ☒ Pluralidad de criterios en base a la mejor relación **calidad-precio**

- Criterios cualitativos: 20%

Oferta Técnica 20 puntos

1. Medios Humanos.....5 puntos

2. Formación.....15 puntos

- Criterios económicos:

- ☒ Precio: 80 %

- ¿Se aplicarán fórmulas de valoración de los criterios económicos? Sí, se otorgará la máxima puntuación a la oferta económica que presente un

precio más bajo. El resto de ofertas se valorarán de forma proporcional mediante la siguiente fórmula lineal:

$$\text{Punt. Econ} = \text{Bbest} \times (\text{Pmax}) / \text{Bi}$$

- Punt. Econ = Puntuación económica de la oferta objeto de la valoración
- Bbest = Mejor oferta económica
- Pmax = puntuación máxima (80 puntos)
- Bi = Oferta económica objeto de la valoración

La aplicación de esta fórmula permite una valoración proporcional y equitativa de las ofertas.

▪ **Subcontratación**

☒ Procede

▪ **Procedimiento de subasta electrónica o petición sucesiva de ofertas:**

☒ NO

▪ **Fondos FEDER:**

☒ Contrato no financiable con fondos FEDER

▪ **Confidencialidad de los Pliegos de Prescripciones Técnicas:**

☒ NO

### 3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

#### 3.1. Antecedentes

##### 3.1.1. SCADA de Venta y Peaje

El sistema SCADA de Venta y Peaje será la principal fuente de información para el desarrollo del sistema objeto de esta licitación. Este sistema se encarga de la monitorización de los equipos de venta y peaje de la explotación de Metro de Madrid. A su vez proporciona diversas opciones de teleactuación con los equipos.

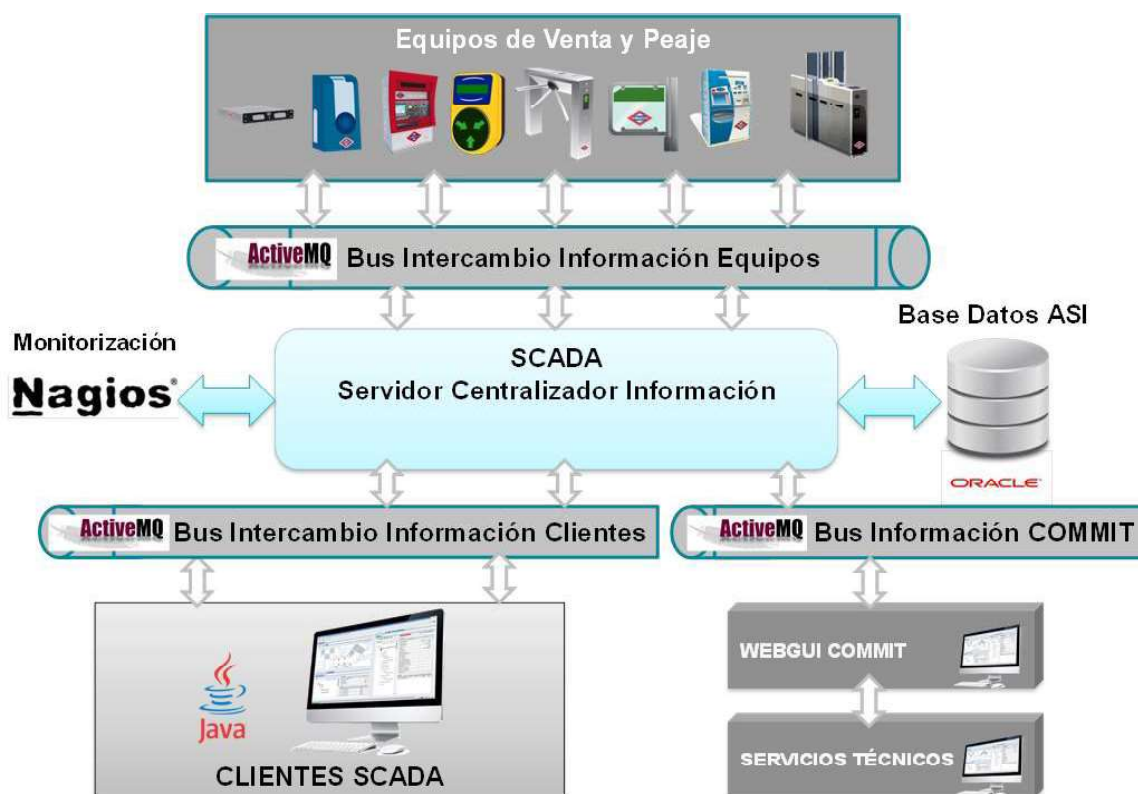
En concreto en las máquinas de venta, el SCADA de Venta y Peaje recaba la información de las operaciones realizadas por las máquinas de venta. Se registran las operaciones realizadas por los viajeros para la adquisición o gestión de títulos así como las actuaciones realizadas en la máquina por el personal como parte de la explotación de Metro. El sistema recibe de los equipos instalados en las estaciones la información de monitorización (alarmas y estados).

www.metromadrid.es  
Cavañes 58. 28007, Madrid

Los principales aspectos del sistema SCADA de Venta y Peaje a tener en cuenta en esta licitación son los siguientes:

- Estandarización del interfaz de comunicaciones con los equipos de venta y peaje, así como el formato y contenido de la información intercambiada con ellos.
- Recepción, procesamiento y almacenamiento de los datos resultado de las operaciones de venta y peaje, así como de las alarmas y estados generados por los equipos de campo.
- Envío de órdenes de operación para proporcionar capacidades de telemando sobre los equipos de venta y peaje en campo.
- Envío de datos de configuración a los equipos de venta y peaje considerando su tipología y especificidad.
- Seguimiento y conocimiento actualizado de las versiones de software y ficheros de configuración instalados en los equipos de venta y peaje.
- Intercambio de información sobre las ventas y peajes con los sistemas contables de Metro de Madrid.
- Intercambio de información con el centro COMMIT sobre las alarmas de los equipos de venta y peaje en campo.

El siguiente diagrama muestra la estructura del sistema SCADA:



La comunicación de los equipos de venta y peaje con el SCADA se realiza mediante mensajería JMS ActiveMQ.

El sistema SCADA de Venta y Peaje constituye la principal fuente de información para el modelo de mantenimiento predictivo solicitado en esta licitación, al ser el sistema encargado del tratamiento de los datos de monitorización (alarmas y estados), de datos transaccionales (Ventas, canjes, devoluciones, recargas, recaudaciones, registros contables, etc.).

La información del sistema SCADA de Venta y Peaje se encuentra en una base de datos Oracle.

### 3.1.2. Tipologías de Máquinas Automáticas de Venta

Metro de Madrid tiene instaladas en todos los vestíbulos de su red máquinas automáticas de venta de títulos de transporte, para facilitar a los clientes la adquisición de cualquier título de transporte válido en la red de Metro. Dichas máquinas permiten además realizar una serie de operaciones por parte del personal de estaciones en su cometido diario. Las máquinas permiten realizar Canjes, Devoluciones, imprimir Justificantes del Servicio, expender Autorizaciones de un 1 viaje, etc.

Existen diferentes tipologías de máquinas automáticas de venta según las posibilidades de venta de títulos y opciones de pago permitidas.



- Máquinas METTA

Las máquinas automáticas tipo METTA (Máquina Expendedora de Títulos de Transporte Automática) son las más numerosas en la red de Metro de Madrid, admiten todo tipo de medios de pago (Moneda, Papel Moneda, Pago electrónico), y permiten al cliente la obtención de tarjetas de transporte (TTP) y la grabación o regrabación del título de transporte deseado. En parte de las máquinas no existe la posibilidad de obtención de tarjetas de transporte, al no contar con dispensadores de tarjetas TTP.



*Máquina tipo METTA-INDRA*



*Máquina tipo METTA-KAPSCH*

Existe una serie posterior de máquinas tipo METTA adaptadas a la normativa de accesibilidad (Real Decreto 1544/2007-Condiciónes básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad; Decreto 13/2007-Reglamento Técnico de Desarrollo en Materia de Promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas). Funcionalmente las máquinas contemplan las mismas posibilidades que las máquinas tipo METTA adquiridas previamente, con el único añadido de que estas máquinas tienen la posibilidad en el pago de realizar devolución de billetes.

- Máquinas VAPE

[www.metromadrid.es](http://www.metromadrid.es)  
Cavanilles 58. 28007, Madrid

Las máquinas automáticas tipo VAPE (Máquinas de Venta Automática mediante Pago Electrónico) tienen las mismas especificaciones que las máquinas tipo METTA, pero no admiten pago con moneda ni papel moneda, admiten únicamente pago electrónico. En

parte de las máquinas VAPE no existe la posibilidad de obtención de tarjetas de transporte, al no tener instalados dispensadores de tarjetas TTP.



*Máquina tipo VAPE-INDRA*



*Máquina tipo VAPE-KAPSCH*

- Máquinas MAVE

Las máquinas automáticas tipo MAVE (Máquina Automática de Venta en Exterior) son equipos preparados para ser instalados a la intemperie que permiten al cliente la obtención de tarjetas de transporte (TTP) y la grabación o regrabación del título de transporte deseado, y admiten pago electrónico y pago en efectivo (con monedas o billetes) en precio exacto, no teniendo posibilidad de devolución de efectivo. Todas las máquinas tienen la posibilidad de obtención de tarjetas de transporte.



*Máquina tipo MAVE-INDRA*

- Máquinas MARTTP

Las máquinas automáticas tipo MARTTP (Máquinas Automáticas de Recarga de Títulos de Transporte Público) permiten al cliente la grabación o regrabación del título de transporte y admiten solamente el Pago electrónico.



*Máquina tipo MARTTP-INDRA*

### 3.1.3. Remedy

Remedy es el sistema utilizado en el centro COMMIT para la gestión del ciclo completo de las incidencias desde la tipificación y registro de la incidencia hasta su cierre. El sistema permite la identificación de problemas asociados a la aparición de varias incidencias o por incidencias que se repiten.

Se trata de la principal herramienta utilizada en el centro COMMIT, por los agentes de Help Desk que reciben las llamadas del personal de las estaciones para comunicar incidencias en las instalaciones, pero también utilizada desde los puestos de segundo nivel de COMMIT donde se pueden generar las incidencias a partir de la monitorización de los equipos de la explotación de Metro por parte de personal especializado en las diferentes instalaciones.

En el marco de estos trabajos la información de las incidencias registradas es relevante al indicar cuando una incidencia o avería se manifiesta y es percibida desde el punto de vista del usuario o el personal encargado de la operación de las instalaciones. Adicionalmente en el registro de las incidencias se informa del grado de afección del equipo, indicándose si el equipo se encuentra en funcionamiento, con funcionamiento disminuido o parado por la avería.

La información de gestión de las incidencias del sistema Remedy se almacena en una base de datos Oracle.

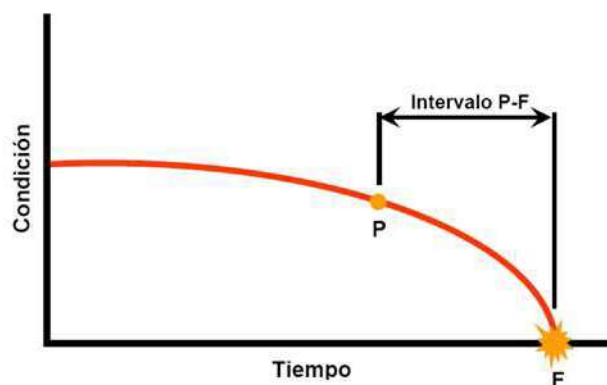
### 3.1.4. Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo son una serie de acciones que se toman y técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallos y defectos de máquinas en las etapas incipientes para evitar que estos fallos se manifiesten en uno más grande durante su funcionamiento, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos, causando impacto operativo y financiero negativo. Su misión es conservar un nivel de servicio determinado en los equipos programando las revisiones en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener problemas.

El requisito para que se pueda aplicar una técnica predictiva es que el fallo incipiente genere señales o síntomas de su existencia (tales como alta temperatura, vibraciones, alarmas, etc.), de forma temprana y previa a la pérdida de funcionalidades de la máquina.

Esta señal o síntoma (o su combinación) es la denominada **condición de monitorización** que se puede controlar mediante la toma de datos sobre la máquina de forma continua o a intervalos sistemáticos de inspección. Cuando la condición de monitorización alcanza un determinado **Valor P (Predictivo)**, existe un alto grado de probabilidad de que la máquina termine fallando en un tiempo determinado, que es cuando la condición de monitorización alcanza el **Valor F (Fallo)**.

Es por ello, que se debe de programar una acción de mantenimiento para subsanar los problemas de la máquina una vez acontecido el Valor P y siempre antes del Valor F, es decir en el **Intervalo de Tiempo P-F**.



*Intervalo P-F de Mantenimiento Predictivo*

En el caso que nos ocupa, se disponen de un elevado número de señales (alarmas, parámetros de configuración, etc.) en tiempo real de cada máquina de venta y se propone construir para cada marca y modelo de máquina las condiciones de monitorización que permitan anticiparse al fallo de las mismas, teniendo en cuenta que el **Intervalo P-F** debe ser lo suficientemente largo para que se pueda detonar una acción de mantenimiento sobre la máquina antes de que se produzca el fallo.

### 3.2. Justificación de la necesidad

Desde la implantación del sistema SCADA de Venta y Peaje se registra una gran cantidad de información en la operativa diaria de las máquinas automáticas de venta en la explotación de Metro. Se almacena información detallada de cada operación que realizan las máquinas con los datos transaccionales y la contabilidad. A su vez se obtiene información de monitorización de los equipos (alarmas, estados, configuración, etc.).

Se pretende explotar dicha información mediante las últimas técnicas analíticas con el objetivo de mejorar el mantenimiento de los equipos. Los avances en este campo permiten el tratamiento de grandes cantidades de datos y la identificación de patrones de relación entre diferentes variables. Los algoritmos diseñados basados en estas técnicas (análisis predictivo, aprendizaje automático, big data) permiten además un proceso continuo en el que se identifican nuevos patrones de relación a lo largo del tiempo.

En la construcción del modelo de mantenimiento predictivo propuesto se deben comparar modelos de análisis predictivo que mediante algoritmos permitan predecir con anticipación la aparición de incidencias en las máquinas de venta. Según la capacidad para identificar incidencias de los modelos y el grado de anticipación que consigan se podrá determinar la viabilidad de implantar un sistema de este tipo, en primer lugar operativamente; y en segundo término, desde el punto de vista técnico y económico.

El propósito es aprovechar las capacidades de las herramientas más actuales para obtener todo el valor operativo posible de la información registrada de los equipos de venta en la explotación de Metro. Los algoritmos de aprendizaje automático dotarían al sistema en el entorno de explotación de capacidad para identificar nuevos patrones de fallo y permitir por lo tanto un proceso de mejora continua en el mantenimiento de las máquinas de venta.

El alcance contempla la preparación de una propuesta para el traslado de la solución a un entorno en producción, considerando las necesidades de arquitectura hardware y software, y especificando los costes estimados para su materialización.

[www.metromadrid.es](http://www.metromadrid.es)  
Cavanilles 58. 28007, Madrid

Esta licitación contempla todas las tareas necesarias para completar el desarrollo y definición de un sistema de análisis predictivo aplicado al mantenimiento de las máquinas automáticas de venta.

Se utilizará preferentemente KNIME para el desarrollo de los modelos.

Adicionalmente en la oferta técnica, los licitadores podrán incluir como propuesta alternativa otras herramientas, debiendo justificar convenientemente las ventajas que pueda suponer su utilización. En cualquier caso, la decisión de optar por KNIME u otra solución alternativa corresponderá en último término a Metro.

### 3.3. Conjunto de datos y naturaleza de los mismos

El sistema SCADA de Venta y Peaje es la principal fuente de datos de monitorización de los equipos de venta y peaje de Metro. En este apartado se hace una breve introducción sobre los datos registrados de los equipos por el sistema SCADA de Venta y Peaje a modo orientativo.

Se hará entrega al Contratista, como referencia para la ejecución de los trabajos, de la última versión vigente del documento “ESPECIFICACIÓN DEL MODELO DE DATOS PARA VENTA”, al tratarse de un documento en continua adaptación para recoger las modificaciones necesarias en la operación de los equipos de la explotación de Metro.

Los algoritmos deberán tener en cuenta la información indicada a continuación. Sin perjuicio de esto, en los trabajos preliminares con el Contratista se podría considerar incluir información adicional, que pueda enriquecer los resultados del modelo a desarrollar.

#### Tipologías y Número de equipos

El volumen de equipos de venta en la explotación de Metro actualmente es de 1.250 equipos. Como consecuencia de la ejecución de otras actuaciones de Metro este número de equipos podría variar, por lo que los licitadores deberán considerar estos datos únicamente a título orientativo.

Existen diferentes tipologías de equipos según las opciones de venta y de pago que contemplan, como se detallaba en el apartado 4.1.2.-*Tipologías de Máquinas Automáticas de Venta*. Las tipologías implican diferencias en los dispositivos que tienen instaladas las máquinas de venta. En la actualidad existen equipos de venta de 2 fabricantes: Indra y Kapsch TrafficCom Transportation.

Actualmente se pueden clasificar las máquinas automáticas de venta en los siguientes grupos:

Tipo de máquina	Fabricante	
	INDRA	KAPSCH
METTA con Dispensador TTP	X	X
METTA sin Dispensador TTP	X	X
METTA PMR con Dispensador TTP	X	X

[www.metromadrid.es](http://www.metromadrid.es)  
Cavanilles 58. 28007, Madrid



Tipo de máquina	Fabricante	
	INDRA	KAPSCH
MAVE con Dispensador TTP	X	
VAPE con Dispensador TTP	X	X
VAPE sin Dispensador TTP	X	X
VAPE PMR con Dispensador TTP	X	X
VAPE PMR sin Dispensador TTP	X	
MARTTP sin Dispensador TTP	X	

### **Datos Independientes (para la elaboración de la condición de monitorización Valor P)**

- **Alarmas**

Registros de información de situaciones anómalas en el funcionamiento de los equipos o sus dispositivos, o de información de situaciones que puedan requerir de acciones por parte del personal encargado de la operación de las máquinas. Estas alarmas son enviadas a SCADA por los equipos. A su vez hay alarmas que pueden ser generadas por el propio sistema SCADA por circunstancias concretas (pérdidas de comunicación, cambios en la configuración, problemas de integridad de información, etc.).

- **Configuración**

Registros con datos de configuración de los equipos y de los dispositivos con los que cuentan, incluye los modelos instalados y las versiones de aplicación que utilizan las máquinas de venta.

- **Transacciones de venta**

Registros con la información de las operaciones de venta de títulos de transporte realizadas por las máquinas de venta. Recopila toda la información de las ventas incluyendo el detalle contable de la operación (Título, perfil, colectivo, tipo de pago, importe pagado, importe devuelto, etc.).

- **Ubicación**

Datos de localización de los equipos. Indican la línea, estación y vestíbulo donde se encuentran las máquinas en la red de Metro.

### Datos dependientes (para la elaboración de la condición de monitorización Valor F)

- **Estados**

Registros con información que indica el modo de trabajo en que se encuentran las máquinas y el estado de sus dispositivos.

- **Avisos de incidencia**

Datos de las incidencias registradas en la operación diaria de las máquinas de venta en la red de Metro. Son registradas en el centro COMMIT por los agentes de Help Desk de acuerdo a la información recibida desde las estaciones o por personal especializado de Segundo Nivel de Mantenimiento. Incluye información sobre el estado de funcionamiento del equipo con la incidencia (en funcionamiento, fuera de servicio o disminuido).

A continuación, se muestra el volumen de información del sistema SCADA de Venta y Peaje como orientación.

Tipo de Registros	Nº de registros mensual
Alarmas (Venta y Peaje)	3.300.000
Ventas (Venta)	5.400.000
Estados (Venta)	6.300.000
Validaciones (Peaje)	108.000.000
Estados (Peaje)	10.800.000

El Contratista y Metro acordarán previamente, como parte de los trabajos preliminares, el periodo de tiempo a considerar para el desarrollo y calibración de los modelos, debiendo tenerse en consideración **como mínimo la información correspondiente a un periodo de 3 meses**.

### **3.4. Descripción de los trabajos**

Esta licitación contempla todas las tareas necesarias para completar el desarrollo y definición de un sistema de análisis predictivo aplicado al mantenimiento de las máquinas automáticas de venta.

[www.metromadrid.es](http://www.metromadrid.es)  
Cavanilles 58. 28007, Madrid



A continuación se describen las diferentes fases que desglosan las actividades para la realización de los trabajos:

- Obtención de datos

Carga de los datos desde las distintas fuentes de información. Se trabajará con un conjunto de datos estático para un periodo de tiempo establecido.

Información de SCADA: será facilitada por parte de Metro a través de una copia de Base de Datos.

Información de Remedy: será facilitada por parte de Metro a través de ficheros o tablas de intercambio.

- Preparación de datos

Filtrado, depuración y validación de datos, para obtener un conjunto de datos de una calidad adecuada de cara a su posterior procesamiento y análisis. Tratamiento de errores, duplicados y problemas de integridad de la información.

- Procesamiento de datos

Tratamiento y homogeneización de los datos para obtener una estructura de datos con un formato y una organización que faciliten su posterior análisis.

- Análisis estadístico de los datos

En esta fase previa se efectuará un análisis estadístico de los datos. **Para cada Marca/ Modelo de Máquina de Venta (15 Tipos)** se realizará un análisis estadístico básico:

- 1. Estadísticas Básicas de cada Variable (y tipo de máquina):** para cada variable tanto dependiente como independiente se presentarán
  - a. Datos estadísticos básicos respecto al t (tiempo): valor medio, mediana, tendencia, posición, dispersión, asimetría, etc.
  - b. Las 3 distribuciones normalizadas que mejor se ajustan a la colección de datos de cada variable, con indicación de su grado de ajuste.
  - c. Se comprobará la existencia o no de estacionalidad de cada colección de datos de cada variable (por días y horas).
- 2. Correlaciones y Análisis Multivariante para cada Variable (y tipo de máquina):** para cada variable tanto dependiente como independiente se presentarán los estudios de correlación y análisis multivariante (componentes principales, factorial, discriminante, correlación canónica, etc.) con el resto de variables independientes (a priori) y dependientes.

- Ensayo y creación de modelos predictivos

En esta fase se realiza propiamente el ensayo y búsqueda de patrones de relación entre los datos. Como parte del análisis predictivo se debe realizar la selección y aplicación de las técnicas analíticas y estadísticas sobre el conjunto de datos, para a continuación construir los modelos correspondientes.

**Para cada Marca/Modelo de Máquina de Venta (15 Tipos)** se realizará un análisis descriptivo del set de datos, identificando las posibles relaciones de variables independientes o dependientes (sin descartar potenciales dependencias entre las variables independientes) al objeto de:

1. **Identificar la o las condiciones de monitorización.**
2. **Determinar el Valor P.**
3. **Determinar el Valor F.**
4. **Determinar el Intervalo P-F.**
5. **Estimar el grado de confiabilidad de la condición de monitorización,** es decir la probabilidad en % de que una vez acontecido el Valor P, finalmente ocurra el Valor F.

Para el hallazgo y la calibración de los modelos predictivos se podrá utilizar una parte del conjunto de datos, pero obligatoriamente para la validación los modelos se aplicarán sobre el resto de la muestra de datos, comprobando la validez de los resultados obtenidos en cada caso. La **validez del modelo** se medirá en base a:

- o La calidad de las predicciones (grado de confiabilidad de la condición de monitorización).
- o El mayor tiempo de anticipación a la aparición de la incidencia en la máquina de venta (Intervalo P-F).

- Resultados y conclusiones

El contratista realizará un **Informe de Viabilidad de Implantación de Mantenimiento Predictivo en Máquinas de Venta** en el que se detallen los análisis, ensayos y herramientas empleadas, así como de resultados y conclusiones obtenidos:

1. Se explicará de forma detallada la **Arquitectura de Tecnologías de Información y de Análisis Estadístico empleados**, tanto hardware como software, con indicación expresa de los recursos técnicos y humanos utilizados en cada fase y los tiempos medios de procesamiento de cada prueba/ensayo. Se presentarán los diagramas de flujo de datos, almacenamiento, procesamiento, etc., necesarios para la adecuada compresión del modelo empleado.

2. **Proceso de Carga de los Datos** desde las distintas fuentes de información. Se explicará detalladamente y con la ayuda de diagramas de flujo, los Proceso de Carga de los Datos, con indicación de volúmenes de cada BB.DD. y tiempos de procesamiento empleados.
3. Resultados del Filtrado, depuración y validación de datos. Tratamiento de errores, duplicados y problemas de integridad de la información. **Nivel de sesgo realizado a cada variable y motivo.**
4. Resultados de la homogeneización de los datos. **Arquitectura de Datos Homogeneizada** resultante con detalle de tablas, campos, campos clave, tamaños, etc.
5. Resultados del **Análisis Estadístico de los Datos**. Se entregarán como anexos todos los análisis realizados de todas y cada una de las variables objeto de esta contratación). En el cuerpo del informe se incluirán aquellos hallazgos estadísticamente relevantes; correlación, estacionalidad, función distribución, etc.
6. Resultados de los ensayos para la creación de **Modelos Predictivos**. Se entregarán como anexos todos los análisis realizados. En el cuerpo del informe se incluirán aquellos hallazgos estadísticamente relevantes y que hayan superado la validación con indicación expresa y detallada para cada Modelo Predictivo de:
  - Marca y Modelo de Máquina a aplicar.
  - Variable, Variables o Combinaciones de Variables (algoritmo de variables) de la Condición de Monitorización del Valor P y del Valor F.
  - Valor P de la Condición de Monitorización (valor concreto del algoritmo de variables que detona una actuación de mantenimiento ante el cercano fallo de la máquina).
  - Valor F de la Condición de Monitorización (valor concreto del algoritmo de variables que determina que la máquina ha fallado).
  - Intervalo P-F (Tiempo transcurrido entre el Valor P y el Valor F). Se presentarán los datos estadísticos básicos del Intervalo P-F; valor medio, mediana, tendencia, posición, dispersión, asimetría, distribución de ajuste, etc.

- Grado de confiabilidad de la condición de monitorización, es decir la probabilidad en % de que una vez acontecido el Valor P, finalmente ocurre el Valor F.

**7. Conclusiones Finales.** En este apartado se deberá efectuar un análisis técnico-económico (VAN-TIR) de potencial implantación de los Modelos Predictivos validados teniendo en cuenta:

- Los costes estimados de desarrollo e implantación de la arquitectura de TI's y Herramientas de Análisis para una solución en el entorno real de explotación y en tiempo real. Este Módulo de Mantenimiento Predictivo se debe de integrar en el actual Sistema SCADA de Venta y Peaje.
- Los ahorros estimados por cada avería evitada (tiempos de parada, mano de obra, etc.). Estos datos unitarios de ahorro serán facilitados por Metro al Contratista.

• Especificaciones Técnicas del Módulo de Mantenimiento Predictivo

En base a los resultados obtenidos y plasmados en el Informe del Proyecto, Metro decidirá si se considera viable operativamente la implantación del sistema de análisis predictivo, como un Módulo adicionado al Sistema SCADA de Venta y Peaje. En tal caso, el Contratista deberá preparar una propuesta de implantación de la solución en entorno real, considerando la adaptación de los algoritmos para ser utilizados en casi tiempo real con los datos enviados por los equipos instalados en línea. El documento será una **Especificación Técnica** que describa de forma detallada la arquitectura Hardware y Software recomendada, con los costes estimados para su implementación. Se contemplará un plan de implantación, con los costes asociados y las necesidades de licenciamiento.

Esta fase sólo se realizará en caso de ser requerida por Metro en base a los resultados obtenidos en las fases anteriores. En consecuencia su facturación está condicionada a su ejecución real.

En ningún caso se utilizará para el desarrollo del Módulo de Mantenimiento Predictivo, una arquitectura basada en servicios o almacenamiento en la nube, o en la tercerización total o parcial de la Procesos.

### 3.5. Formación

El contratista realizará una formación sobre las metodologías, ensayos y resultados obtenidos con una duración mínima de 15 Horas y para 10 asistentes.

#### 4. COMPARATIVA ECONÓMICA

No existe contrato anterior respecto del que se pueda efectuar una comparativa económica, ya que este tipo de proyecto es la primera vez que se licita desde el Área solicitante. No obstante se estima que un sistema de mantenimiento preventivo, revertirá en menores costes de mantenimiento correctivo y mayores disponibilidades de las máquinas, logrando un retorno de la inversión a corto plazo.

#### 5. INFORMACIÓN PRESUPUESTARIA

##### PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

<b>AÑO</b>	2019
<b>IMPORTE PERMITIDO</b>	212.296,00 €
<b>ACCIÓN</b>	03.193
<b>EXPEDIENTE</b>	