

Ana Sofía Aponte Barriga
Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá
Ingeniería Mecatrónica
Mayo de 2023

DESARROLLO DE UN MODELO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL USANDO LA NUBE DE IBM PARA PREDECIR FALLAS DE UN EQUIPO INDUSTRIAL

TABLA DE CONTENIDOS

I. <i>Introducción</i>	2
II. <i>GUÍA DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL USANDO IBM AutoAI</i>	2
A. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	3
B. LIMPIEZA DE DATOS.....	4
C. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS.....	19
D. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	25
E. DESPLIEGUE DEL MODELO	37
III. <i>REFERENCIAS</i>	51

I. INTRODUCCIÓN

El uso de la inteligencia artificial como herramienta de predicción permite optimizar gran cantidad de procesos, costos y tiempos. Por ello, se presenta una guía de construcción de un modelo de Inteligencia Artificial, el cual se construirá usando la herramienta AutoAI de IBM Cloud. El uso de esta herramienta permite un mayor acercamiento a lo que es la inteligencia artificial y al ciclo de vida de un problema en la ciencia de datos.

En este caso, y teniendo en cuenta el contexto industrial en que se desempeñan los ingenieros mecatrónicos, se seleccionó un caso de uso referente a la optimización del uso de máquinas de producción. Esto se logra a partir de un conjunto de datos que incluyen variables como el tamaño de la máquina, velocidades de rotación, torques y temperaturas. Sin embargo, el proceso presentado es aplicable en innumerables casos de uso en los cuales se tenga acceso a datos estructurados.

II. GUÍA DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL USANDO IBM AUTOAI

A continuación, se presenta una guía que permitirá construir un modelo de inteligencia artificial usando las tecnologías Watson AutoAI y Watson Machine Learning de IBM Cloud.

Para la construcción del modelo se usará una aproximación basada en el ciclo de vida de proyectos de data science, el cual contiene las etapas de exploración, limpieza, análisis exploratorio de datos, construcción del modelo, y despliegue del modelo.

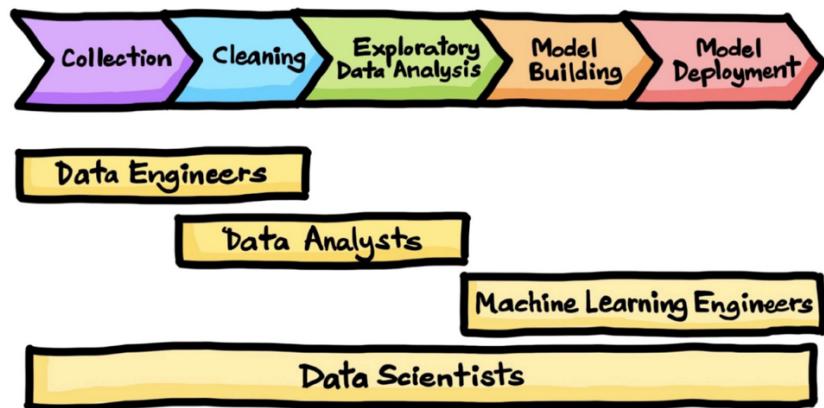


Figura 1 Ciclo de vida de un proyecto de data science. Fuente: springboard.com

A. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para poder iniciar el proceso, se requiere tener un conjunto de datos estructurado, esto es, una tabla de datos. Para ello, en este caso, se usará un conjunto de datos obtenido de la plataforma de data science “Kaggle”, disponible en:

<https://www.kaggle.com/datasets/shivamb/machine-predictive-maintenance-classification?resource=download>

Sin embargo, cualquier tabla con variables definidas es adecuada para generar un modelo. Dicho modelo será mejor si hay una mayor cantidad de filas.

El conjunto de datos seleccionado contiene 10.000 filas, organizadas en las siguientes columnas (variables):

UDI: numeración del registro en la tabla. Contiene valores únicos

Product ID: Código interno del registro. Contiene valores únicos

Type: tipo de máquina. Clasificadas en H, L, M

Air Temperature [K]: Temperatura del aire. Valores entre 295.3 y 304.5

Process Temperature [K]: Temperatura del proceso. Valores entre 305.7 y 313.8

Rotational Speed [rpm]: Velocidad rotacional. Valores entre 1168 y 2886

Torque [Nm]: Torque. Valores entre 3.8 y 76.6

Tool wear [min]: Desgaste en la herramienta de corte. Valores entre 0 y 253

Target: Indica si hubo falla o no.

Failure type: Indica el tipo de falla.

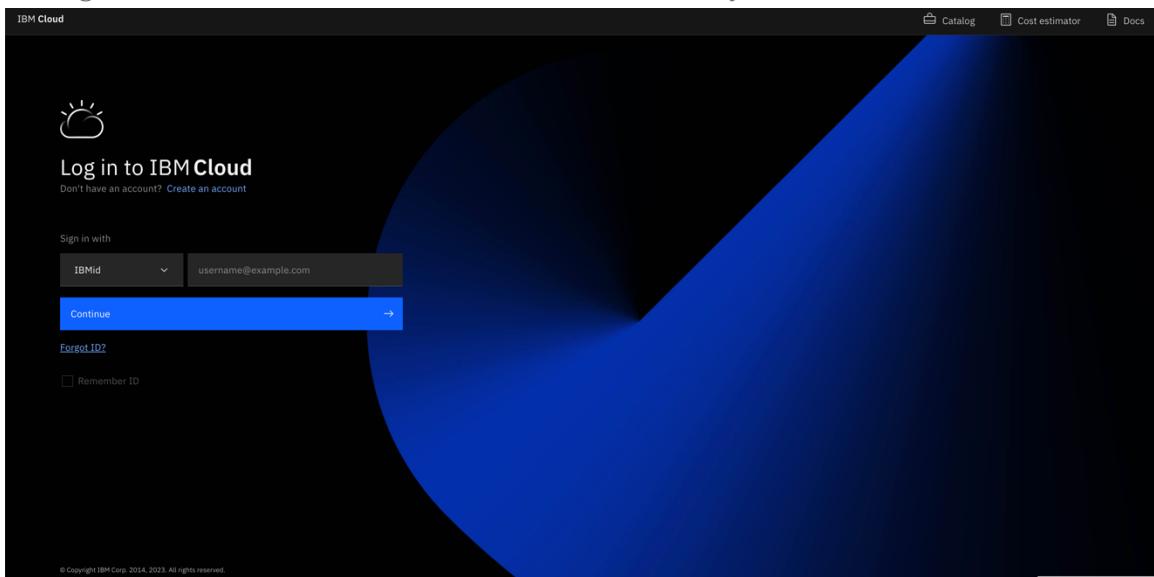
Para esta etapa del proceso el único paso a realizar es ingresar al link:

<https://www.kaggle.com/datasets/shivamb/machine-predictive-maintenance-classification?resource=download> y descargar el archivo .csv con los datos

B. LIMPIEZA DE DATOS

La primera fase para generar el modelo es limpiar los datos, esto es eliminar aquellas columnas que no aportan al modelo y modificar las que se requiera. Adicionalmente, si hay alguna fila con valores en blanco, se debe eliminar.

1. Ingresa a cloud.ibm.com e inicia sesión con tu usuario y contraseña



2. En la parte superior, selecciona la pestaña Catalog

A screenshot of the IBM Cloud dashboard. The top navigation bar includes tabs for "Catalog", "Manage", and "Docs". The "Catalog" tab is currently selected. The main area is the "Dashboard" section. On the left, there's a sidebar with icons for various services like Compute, Storage, and Network. The "For you" section contains cards for "Build", "Explore IBM Cloud Shell", "Db2", "Explore DevSecOps on IBM Cloud", "Choose a Database", "Browse, select, and create a database", and "Welcome to IBM C". Below this, there are sections for "News", "Recent support cases", "Planned maintenance", and "IBM Cloud status". The "IBM Cloud status" section features a world map with deployment points.

3. En el menú de la izquierda, ingresa a la sección AI/Machine Learning

The screenshot shows the IBM Cloud Catalog interface. On the left, there is a sidebar with a tree view of categories. Under the 'AI / Machine Learning' category, several sub-options are listed: Analytics (11), Blockchain (1), Databases (25), Developer tools (36), Logging and monitoring (5), Migration (8), Integration (11), Internet of Things (2), and Security (29). The main area displays a grid of products. A modal window titled 'Internal IBM pricing displayed' is open, stating: 'Classic infrastructure services might reflect internal IBM pricing, which should not be shared with external clients. Log out of your internal IBM Cloud account to view external pricing details.' Below the modal, there are four product cards: 'Analytics Engine' by IBM, 'Annotator for Clinical Data' by IBM, 'AnonTech VizVault Platform' by Anon Technology, Inc., and 'API Connect' by IBM. Each card includes a brief description and a list of features like HIPAA Enabled, IAM-enabled, etc.

4. Selecciona el producto Watson Studio

This screenshot shows the same IBM Cloud Catalog interface, but with a specific filter applied. In the top-left corner of the main search bar, there is a dropdown menu with 'AI / Machine Learning' selected. The rest of the catalog interface is identical to the previous screenshot, showing the 'AI / Machine Learning' section with its sub-options and a grid of products. The 'Watson Studio' product card is highlighted with a blue border, indicating it has been selected or is the current focus.

5. En la página de aprovisionamiento, elige una ubicación para tu instancia. En este caso seleccionamos **Dallas** por la baja latencia que genera en Colombia. Selecciona el plan de pago **Lite**, el cual es gratis y contiene capacidades de cómputo limitadas que serán suficientes para el desarrollo del modelo.

The screenshot shows the IBM Cloud Catalog interface for creating a Watson Studio instance. The 'Create' tab is active. On the left, there are service details: Type Service, Provider IBM, Last updated 01/19/2023, Category AI / Machine Learning, Compliance HIPAA Enabled, IAM-enabled, Location Frankfurt, London, Tokyo, Dallas. Below these are related links: Docs and Terms. The main area shows 'Select a location' with 'Dallas (us-south)' selected. A dropdown menu for 'Region' shows options: ASIA PACIFIC (Tokyo (jp-tok)), EUROPE (Frankfurt (eu-de), London (eu-gb)), and NORTH AMERICA (Dallas (us-south)). To the right, a 'Pricing' section indicates the 'Lite' plan is free, with details: • 4 vCPU + 16 GB RAM = 2, • Decision Optimization + Watson NLP = Environment + 5. A note states: 'The Lite plan for Watson Studio offers everything you need to become a better data scientist or domain expert in a collaborative environment.' A warning: 'Lite plan services are deleted after 30 days of inactivity.' On the far right, a summary box shows: Watson Studio, Free, Location: Dallas, Plan: Lite, Service name: Watson Studio-qe, Resource group: Default. At the bottom, there's a checkbox for accepting license agreements, a 'Create' button, and an 'Add to estimate' button.

6. Asígnale un nombre a tu instancia, en este caso dejamos un nombre asociado al modelo a realizar: **Watson Studio – machine maintenance**. Finalmente, da click para aceptar las condiciones y posteriormente en **Create** para crear la instancia.

The screenshot shows the continuation of the Watson Studio instance creation process. The 'Create' tab is still active. The 'Service name' field contains 'Watson Studio - machine maintenance'. The 'Select a resource group' dropdown is set to 'Default'. The 'Tags' field has 'Examples: env:dev, version-1'. On the right, a summary box shows: Watson Studio, Free, Location: Dallas, Plan: Lite, Service name: Watson Studio - machine maintenance, Resource group: Default. A note: 'I have read and agree to the following license agreements: Terms' is checked. Below it are 'Create' and 'Add to estimate' buttons. The bottom section is titled 'Configure your resource' with fields for Service name, Select a resource group, Tags, Access management tags, and a note about NVIDIA V100 GPU environments.

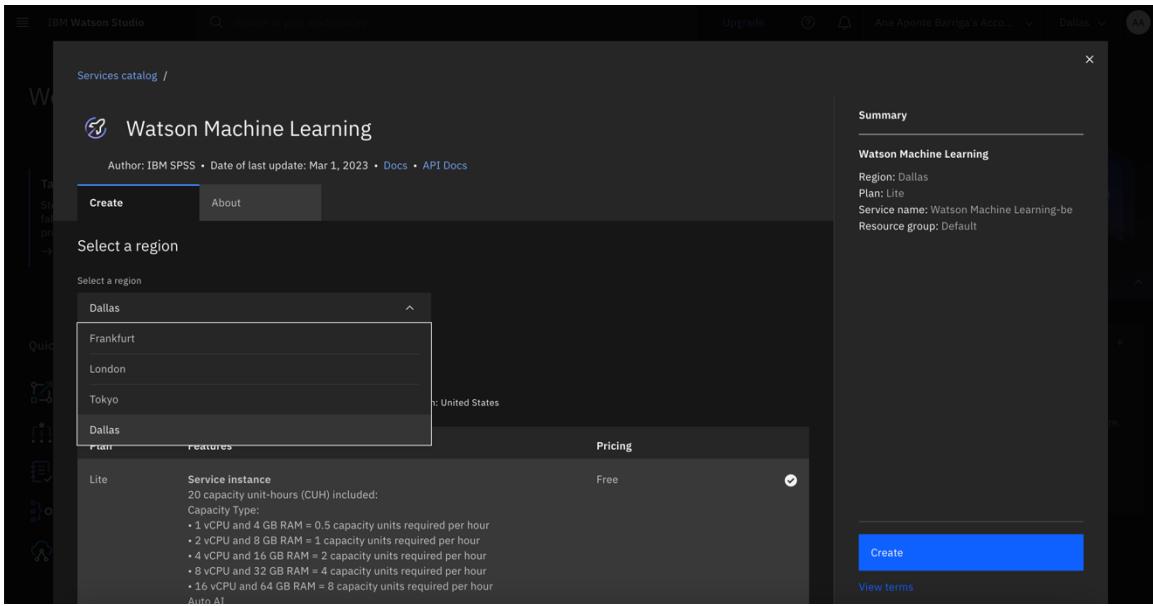
7. Luego de la creación, deberás esperar a que en el panel principal de Watson Studio aparezca el anuncio en verde en la parte superior que dice **Active**, el cual indica que ya se puede hacer uso de la instancia. Da click en **Launch in IBM Cloud Pak for Data**

The screenshot shows the IBM Cloud interface with the 'Watson Studio - machine maintenance' service listed. The status is 'Active'. Below the service name is a large blue button labeled 'Launch in IBM Cloud Pak for Data'. To the right, there is a diagram illustrating the architecture: 'IBM Watson Studio in Cloud Pak for Data' is shown as a central component, with 'IBM Cloud Unifying platform' above it, and 'IBM Cloud Base cloud infrastructure' at the bottom.

8. Se abrirá una nueva pestaña con tu instancia de Watson Studio, en la cual te sugerirá aprovisionar Watson Machine Learning. Da click en **Next**

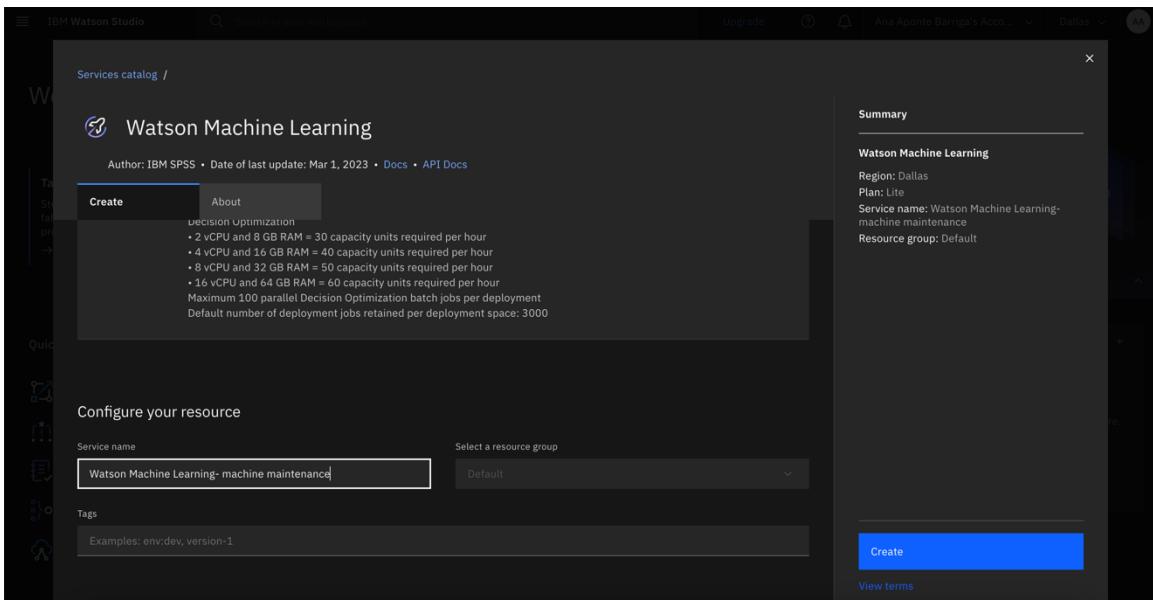
The screenshot shows the 'Welcome, Ana!' page of the IBM Watson Studio interface. A modal window titled 'Build and manage ML models with Watson Studio' is open, prompting the user to 'Provision Watson Machine Learning'. The 'Next' button is highlighted in blue. The background shows various quick start options like 'Create data pipelines with DataStage' and 'Build customer profiles with IBM Match 360 with Watson'.

9. Selecciona la misma ubicación que elegiste para la instancia de Watson Studio. En este caso, **Dallas**. Nuevamente selecciona el plan **Lite**.



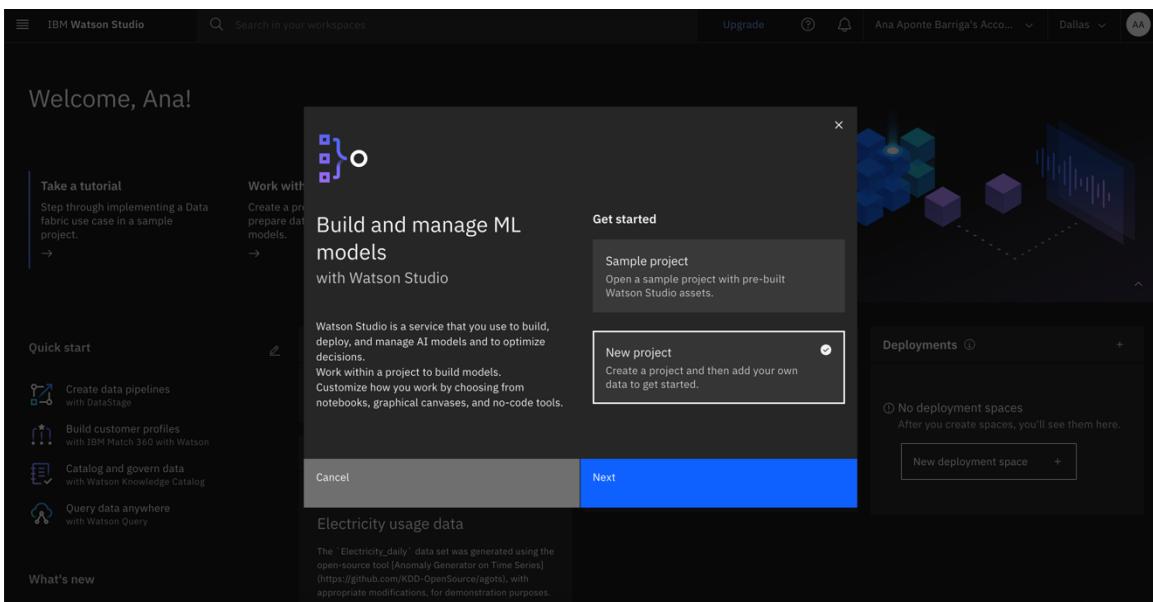
The screenshot shows the IBM Watson Studio interface. In the top navigation bar, 'IBM Watson Studio' is at the top left, followed by a search bar, account information for 'Ana Aponte Barriga's Account', and a 'Dallas' dropdown. Below the search bar, the 'Services catalog / Watson Machine Learning' page is displayed. The 'Create' tab is active. A dropdown menu for 'Select a region' is open, showing options like Frankfurt, London, Tokyo, and Dallas. The 'Dallas' option is highlighted. To the right, the 'Summary' section shows the service details: 'Watson Machine Learning', 'Region: Dallas', 'Plan: Lite', 'Service name: Watson Machine Learning-be', and 'Resource group: Default'. At the bottom right of the main area is a large blue 'Create' button.

10. Asigna un nombre a tu instancia de Watson Machine Learning. En este caso se asignó el nombre **Watson Machine Learning - machine maintenance**. Da click en **Create**

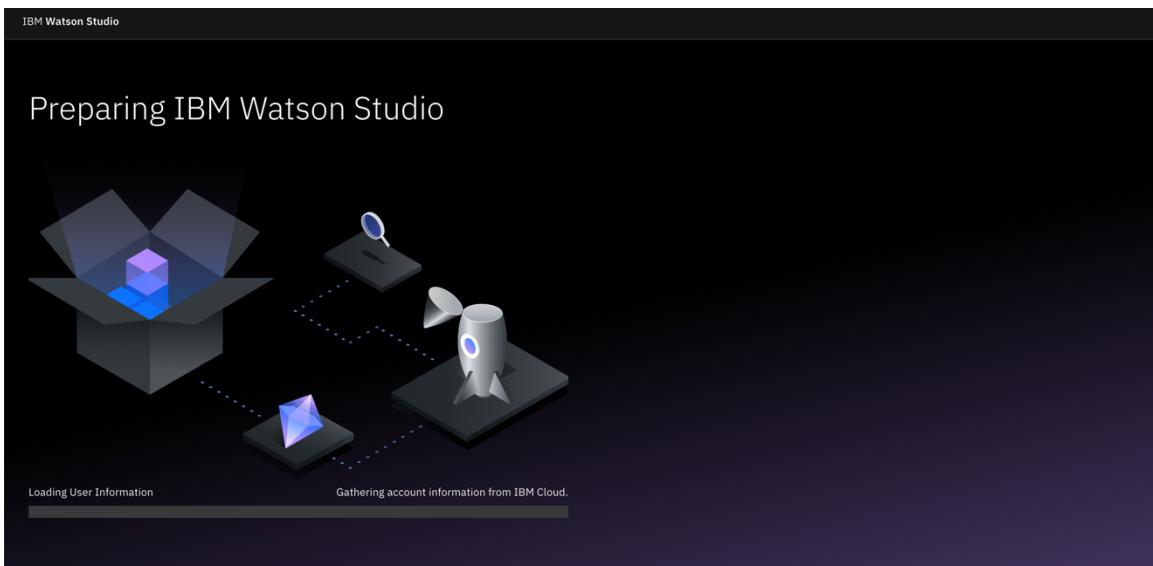


The screenshot shows the 'Watson Machine Learning' creation page. The 'Service name' input field contains 'Watson Machine Learning- machine maintenance'. The 'Select a resource group' dropdown is set to 'Default'. The 'Summary' panel on the right shows the service details: 'Watson Machine Learning', 'Region: Dallas', 'Plan: Lite', 'Service name: Watson Machine Learning- machine maintenance', and 'Resource group: Default'. At the bottom right of the main area is a large blue 'Create' button.

11. Al volver a la página de Watson Studio, te sugerirá la creación de un proyecto. Selecciona **New Project** y da click en **Next**



12. Luego de esto deberás esperar un momento mientras se realiza la configuración de Watson Studio



13. Te aparecerá el panel de creación de proyecto nuevo. En este caso se le asignó el nombre **maintenance-prediction**. En la sección de la derecha, selecciona la opción **add**, para crear un servicio de almacenamiento para el proyecto.

14. Se abrirá una nueva pestaña para configurar la instancia de Cloud Object Storage. Selecciona el plan **Lite** y da click en **Create**. Si así lo deseas, puedes cambiar el nombre de la instancia, en este caso se dejó el nombre predefinido.

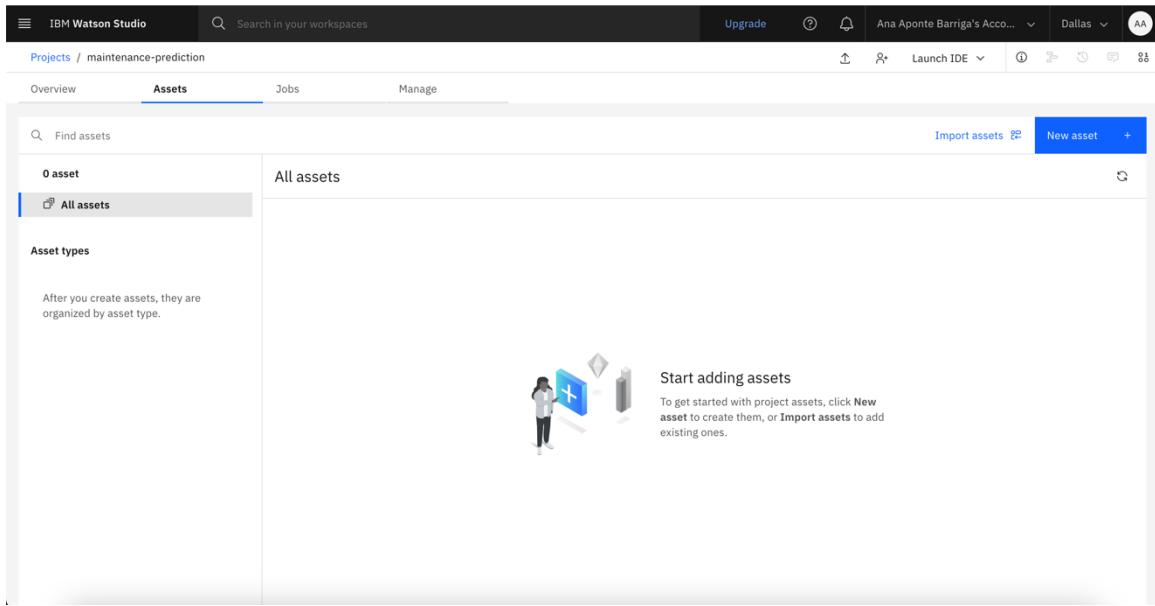
15.Cuando vuelvas al panel de creación del proyecto, da click en **Refresh** para que aparezca la instancia de almacenamiento creada.

The screenshot shows the 'New project' creation interface in IBM Watson Studio. In the 'Define storage' section, there is a step 1 labeled 'Select storage service' with an 'Add' button. Below it, a note says 'Add an object storage instance, and then return to this page and click Refresh.' A 'Refresh' button is also present. At the bottom right of the interface, there are 'Cancel' and 'Create' buttons.

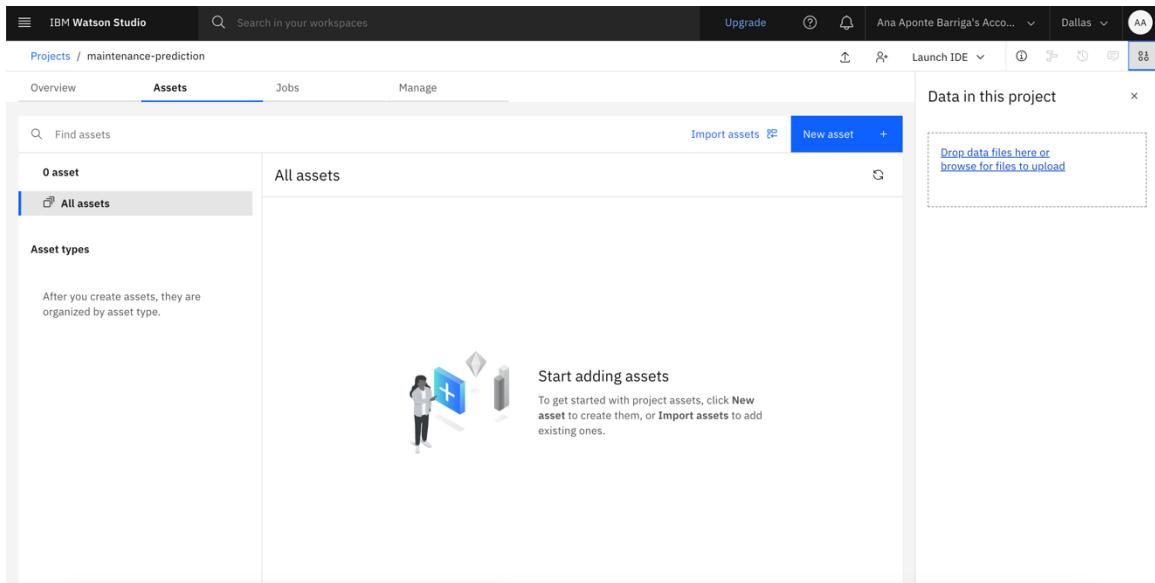
16.Luego de que aparezca la instancia de almacenamiento, podrás dar click en **Create**

The screenshot shows the 'New project' creation interface in IBM Watson Studio after refreshing. The 'Storage' section now displays 'Cloud Object Storage-watson'. At the bottom right of the interface, the 'Create' button is highlighted in blue.

17.Luego de crear el proyecto, la página te llevará a la página de inicio de tu proyecto, el cual se encuentra vacío



18.Lo primero a realizar en el proyecto, es incluir el archivo CSV que contiene la tabla de datos a utilizar. Para ello, da click en la parte superior derecha de tu pantalla, en el botón esto abrirá un panel desplegable que te permite dar click y subir el archivo CSV que descargaste en la sección anterior [\(Recolección de Datos\)](#)



19. Luego de seleccionar tu archivo, en la página de inicio del Proyecto te debe aparecer un único elemento en la lista de assets, que corresponde al CSV subido. Da click en el nombre de tu archivo para abrirlo.

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface. At the top, there's a navigation bar with 'IBM Watson Studio' and a search bar. Below it, the main area has tabs for 'Overview', 'Assets' (which is selected), 'Jobs', and 'Manage'. A sidebar on the left shows '1 assets' and 'All assets'. The main content area displays a table titled 'All assets' with one item: 'predictive_maintenance.csv' (CSV). The table includes columns for 'Name', 'Last modified', and 'Modified by you'. At the bottom, there are pagination controls for 'Items per page: 20' and '1 of 1 pages'.

20. Podrás ver una vista previa de los datos almacenados en el CSV, da click en **Prepare Data** para iniciar la limpieza de datos.

The screenshot shows the 'Preview asset' tab of the Watson Studio interface. It displays a preview of the 'predictive_maintenance.csv' file with 10 columns and 1000 rows. The columns include UDI, Product ID, Type, Air temperature, Process temperature, Rotational speed, Torque, Tool wear, and two timestamp columns. To the right of the preview, there's a sidebar with sections for 'About this asset' (Name: predictive_maintenance.csv, CSV), 'Description' (What's the purpose of this asset?), 'Asset details' (Size: 531.014 KB, Version: 2, Attachment: predictive_maintenance.csv), and 'Tags' (Add tags to make assets easier to find). The sidebar also shows the last modified information: 'Last modified: Now by Ana Aponte Barriga'.

21. En la página de inicio de Data Refinery, se te sugerirá dar un recorrido inicial, da click en **Maybe Later**

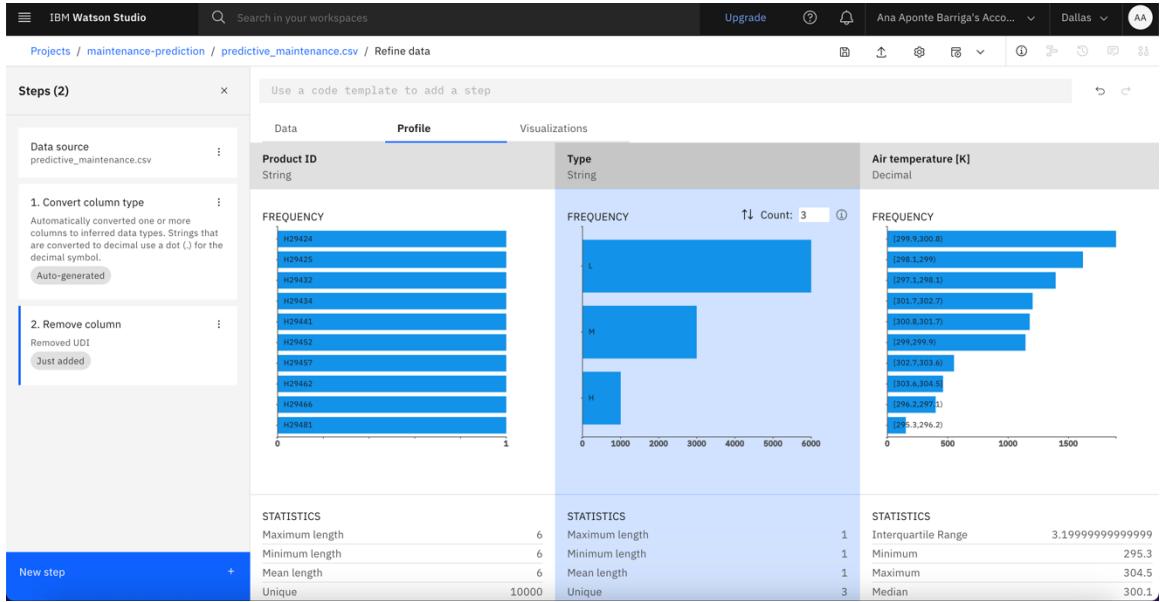
The screenshot shows the Data Refinery interface in IBM Watson Studio. On the left, there's a table titled 'Data' with columns 'UDI', 'Product ID', and 'Type'. The table contains 15 rows of data. In the center, there's a large preview area with a 3D visualization of people working with data. Below the visualization, a message says 'Welcome to Data Refinery!'. At the bottom of the preview area, there are three buttons: 'Maybe Later', 'Stop Walk-thru', and 'Start tour'. On the right side, there's a sidebar with details about the asset: Name ('predictive_maintenance.csv_flow'), Description ('What is the purpose of this Data Refinery flow?'), Asset details ('Steps: 0'), Associated assets ('Source: predictive_maintenance.csv' and 'Target: predictive_maintenance_csv...'), and some status information like 'Last modified' and 'Created on'.

22. Podrás ver que Watson automáticamente detectó los tipos de variables presentes en el conjunto de datos, y agregó un paso que incluye dicha asignación de variables. En la tabla puedes verificar que todas hayan sido asignadas correctamente, y en caso de que algún tipo de variable haya sido asignada de forma errónea, podrás corregirlo dando click en los 3 puntos que aparecen al lado del nombre de la variable. Luego de realizar esta revisión, da click en la pestaña **Profile**, que se encuentra justo sobre la tabla.

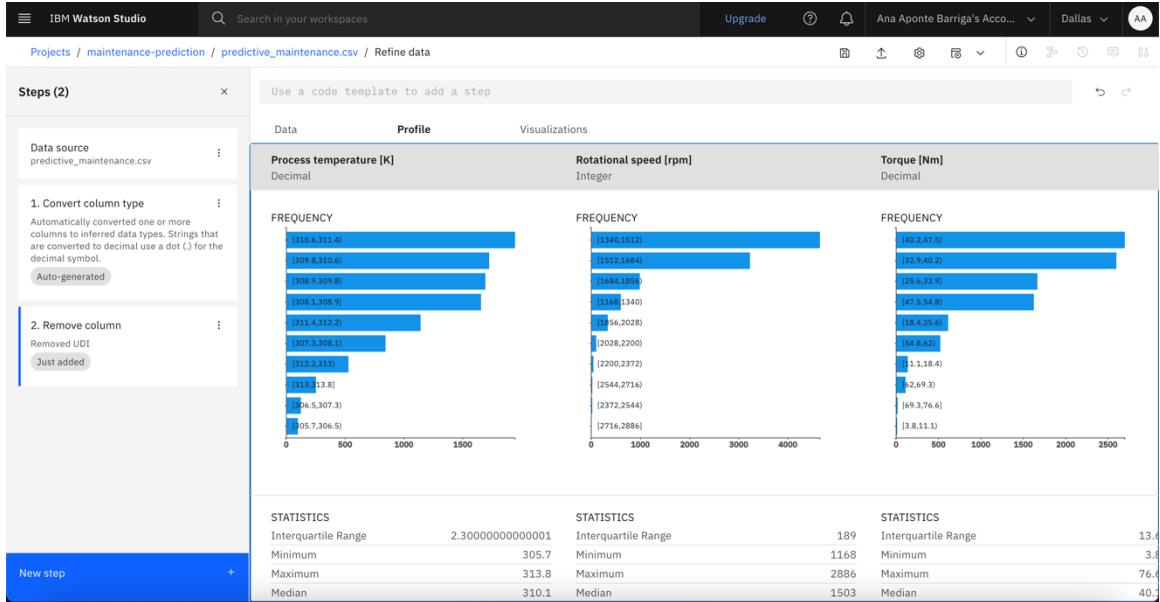
The screenshot shows the Data Refinery interface with the 'Profile' tab selected. On the left, there's a sidebar titled 'Steps (1)' containing a single step: '1. Convert column type'. This step has a note: 'Automatically converted one or more columns to inferred data types. Strings that are converted to decimal use a dot (.) for the decimal symbol.' Below this is a 'New step' button. The main area shows a table with columns 'UDI', 'Product ID', 'Type', 'Air tempera...', and 'Process te...'. The table has 15 rows of data. At the bottom, it says 'Viewing: 10000 rows, 10 columns' and 'Full data set: 10000 rows, 10 columns'. On the right, there's a sidebar titled 'About this asset' with details: Name ('predictive_maintenance.csv_flow'), Description ('What is the purpose of this Data Refinery flow?'), Asset details ('Steps: 1'), Associated assets ('Source: predictive_maintenance.csv' and 'Target: predictive_maintenance_csv...'), and status information.

23. En esta visualización podrás ver una caracterización de los datos en diagramas de barras. Identificaremos las columnas que tienen 10000 valores únicos:

- UDI
- Product ID



24. Verifica que las demás columnas no estén compuestas solo por valores únicos



25.También eliminaremos la columna **Target**, que indica si hubo falla o no. Ya que nos enfocaremos en predecir el tipo de falla y esta columna no hace parte de los datos a ingresar en la predicción.

	STATISTICS	STATISTICS	STATISTICS
Interquartile Range	109	Interquartile Range	0
Minimum	0	Minimum	0
Maximum	253	Maximum	24
Median	108	Median	10.2882

26.Ahora eliminaremos las 3 columnas: **UDI, Product ID, Target**

Para eliminar estas tres columnas repite los siguientes pasos con cada una:

- Da click en el nombre de la columna
- Luego en la parte inferior izquierda en **New Step**

	Product ID	Type	Air tempera...	Process te...	Rotational s...	Torque [Nm]	Tool wear [...]
1	M14860	M	298.1	308.6	1551	42.8	0
2	L47181	L	298.2	308.7	1408	46.3	3
3	L47182	L	298.1	308.5	1498	49.4	5
4	L47183	L	298.2	308.6	1433	39.5	7
5	L47184	L	298.2	308.7	1408	40	9
6	M14865	M	298.1	308.6	1425	41.9	11
7	L47186	L	298.1	308.6	1558	42.4	14
8	L47187	L	298.1	308.6	1527	40.2	16
9	M14868	M	298.3	308.7	1667	28.6	18
10	M14869	M	298.5	309	1741	28	21
11	H29424	H	298.4	308.9	1782	23.9	24
12	H29425	H	298.6	309.1	1423	44.3	29
13	M14872	M	298.6	309.1	1339	51.1	34
14	M14873	M	298.6	309.2	1742	30	37
15	L47194	L	298.6	309.2	2035	19.6	40

27. Selecciona la opción Remove Column

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface with the 'Refine data' tab selected. In the left sidebar, under the 'CLEANSE' section, the 'Remove column' option is highlighted. The main area displays a table with the 'Data' tab selected. The first column is labeled 'Product ID' and has a 'String' type. The table contains several rows of data, including M14860, L47181, L47182, L47183, L47184, M14865, L47186, L47187, M14868, M14869, H29424, H29425, M14872, M14873, and L47194. At the bottom of the interface, there are 'Cancel' and 'Apply' buttons, with 'Apply' being the one highlighted.

28. Da click en el botón azul Apply

This screenshot shows the same 'Refine data' interface as the previous one, but the 'Apply' button at the bottom has been clicked, turning it blue. The rest of the interface remains the same, with the 'Data' tab selected and the list of rows for the 'Product ID' column visible.

29. Con esto damos por terminada la sección de limpieza de datos, puedes visualizar al lado izquierdo los 4 pasos añadidos para limpiar el conjunto de datos.

Steps (4)

Data source: predictive_maintenance.csv

1. Convert column type: Automatically converted one or more columns to inferred data types. Strings that are converted to decimal use a dot (.) for the decimal symbol.
Auto-generated

2. Remove column: Removed UDI

3. Remove column: Removed Product ID

4. Remove column: Removed Target
Just added

New step +

Data Profile Visualizations

Type Air tempera... Process te... Rotational s... Torque [Nm]

String Decimal Decimal Integer Decimal

	Type	Air tempera...	Process te...	Rotational s...	Torque [Nm]
1	M	298.1	308.6	1551	42.8
2	L	298.2	308.7	1408	46.3
3	L	298.1	308.5	1498	49.4
4	L	298.2	308.6	1433	39.5
5	L	298.2	308.7	1408	40
6	M	298.1	308.6	1425	41.9
7	L	298.1	308.6	1558	42.4
8	L	298.1	308.6	1527	40.2
9	M	298.3	308.7	1667	28.6
10	M	298.5	309	1741	28
11	H	298.4	308.9	1782	23.9
12	H	298.6	309.1	1423	44.3
13	M	298.6	309.1	1339	51.1
14	M	298.6	309.2	1742	30
15	L	298.6	309.2	2035	19.6

Configure ↗ | Viewing: 10000 rows, 7 columns

About this asset

Name: predictive_maintenance.csv_flow

Description: What is the purpose of this Data Refinery flow?

Asset details: Steps: 4

Associated assets: Source: predictive_maintenance.csv, Target: predictive_maintenance_csv...

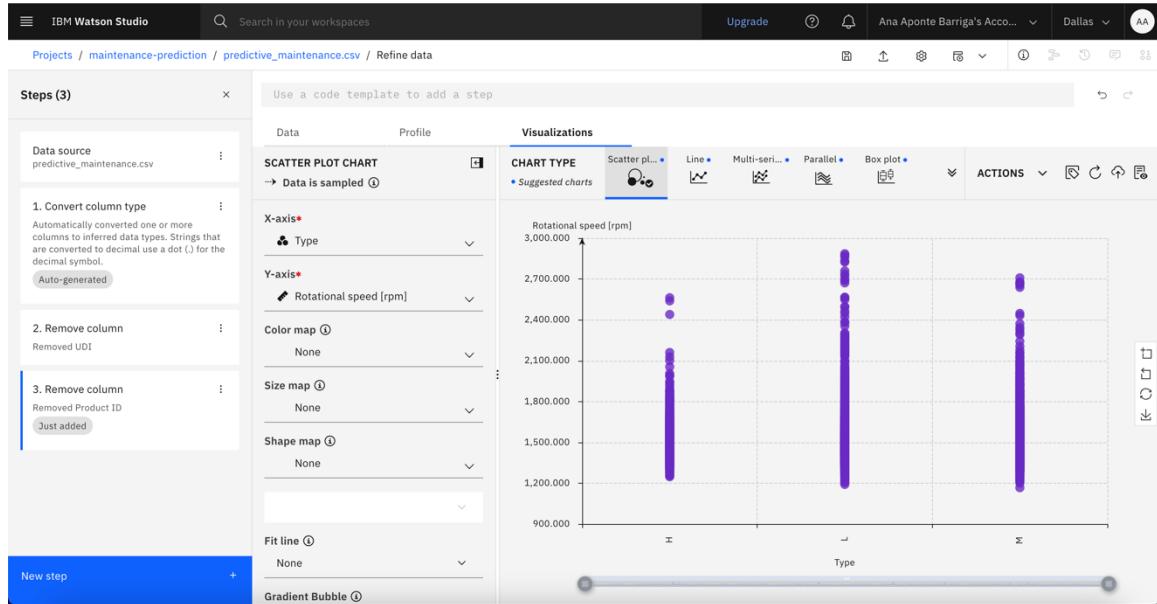
Last modified: Not yet saved

Created on: Not yet saved

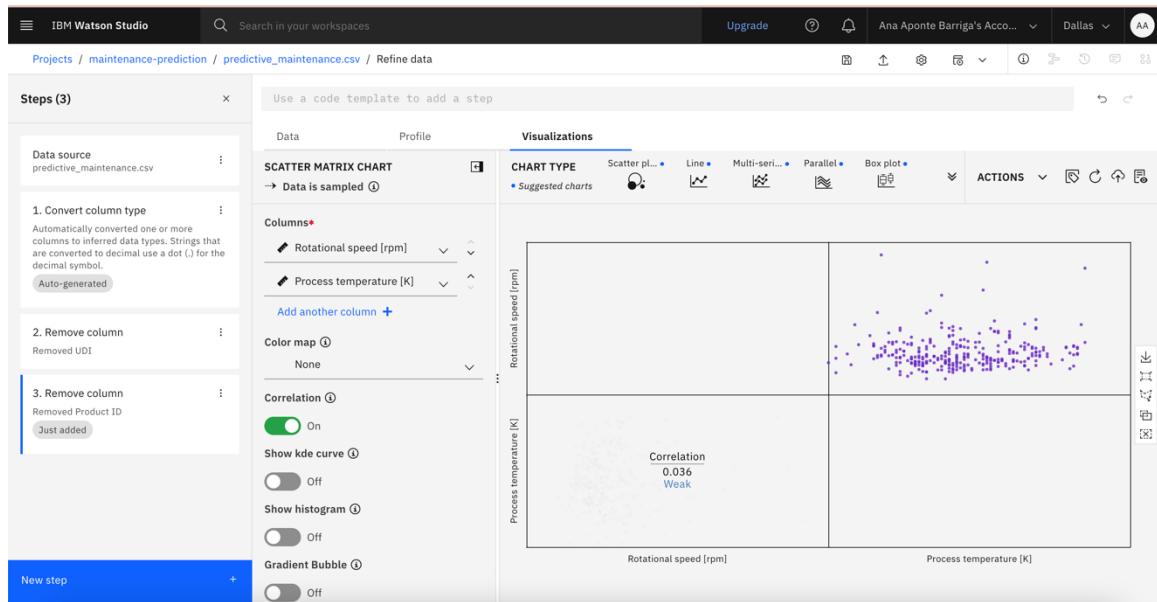
C. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

En esta etapa del proceso exploraremos las gráficas que se pueden generar con Data Refinery de Watson Studio. Esto nos permite tener un mejor contexto de qué es lo que hay en el conjunto de datos.

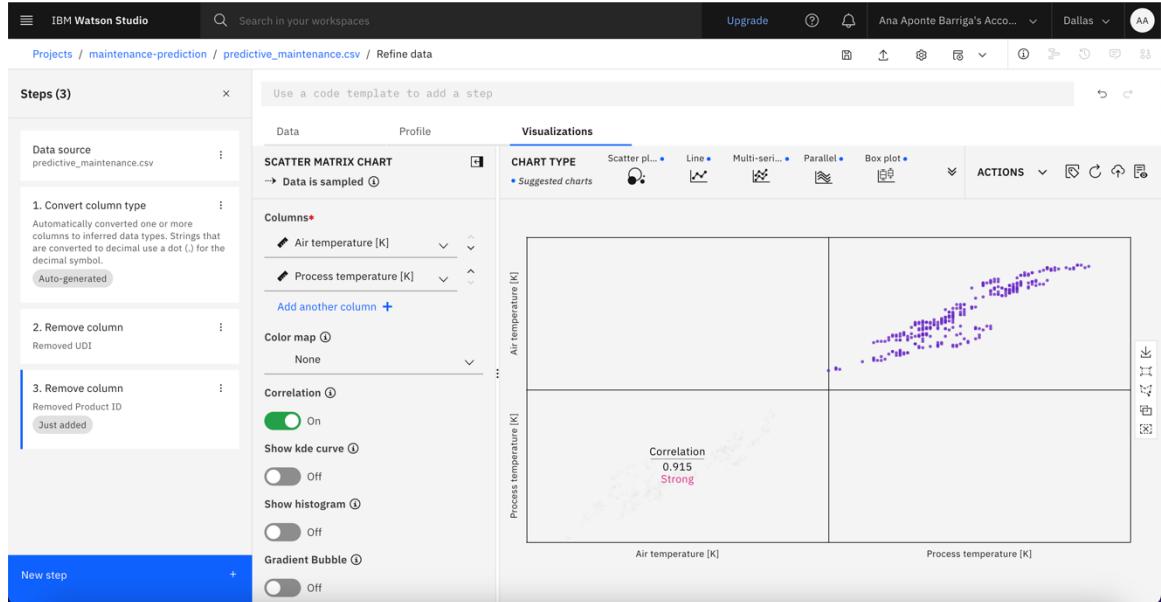
30.Da click en la pestaña **Visualizations**, allí podrás ver diferentes tipos de gráficas que describen el conjunto de datos. En este caso, por defecto aparece Scatter Plot, en el menú de la izquierda podrás seleccionar las variables para los ejes.



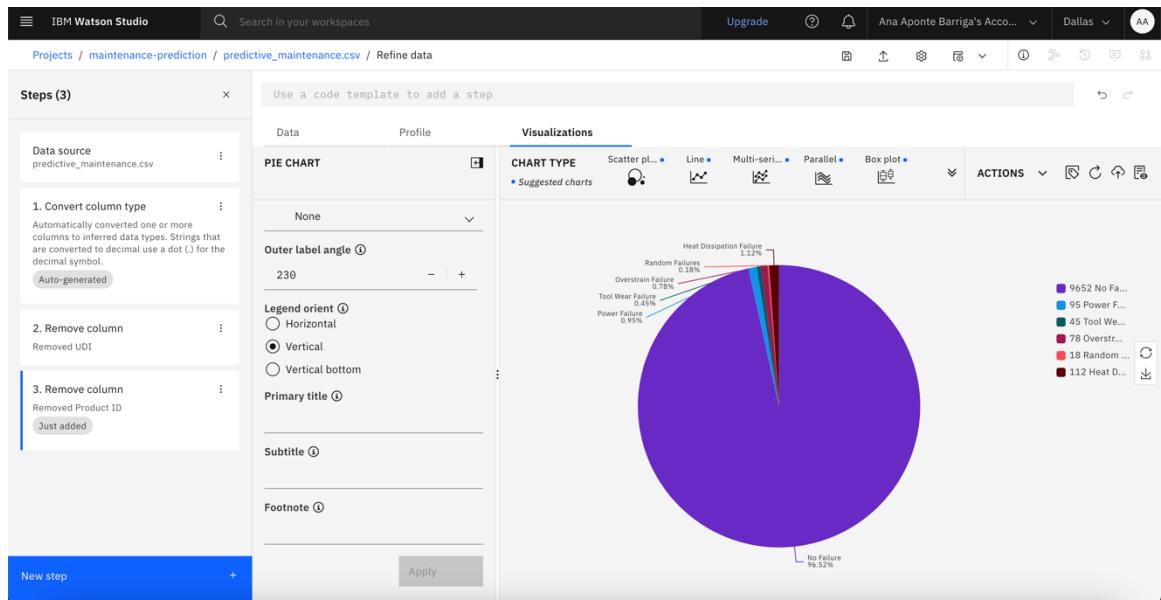
31.Da click en el menú desplegable en chart type, y selecciona **scatter matrix chart**. Podrás seleccionar variables a comparar para ver su correlación. En este caso se seleccionó velocidad rotacional vs. Temperatura del proceso, podemos ver que tienen una correlación de 0.036.



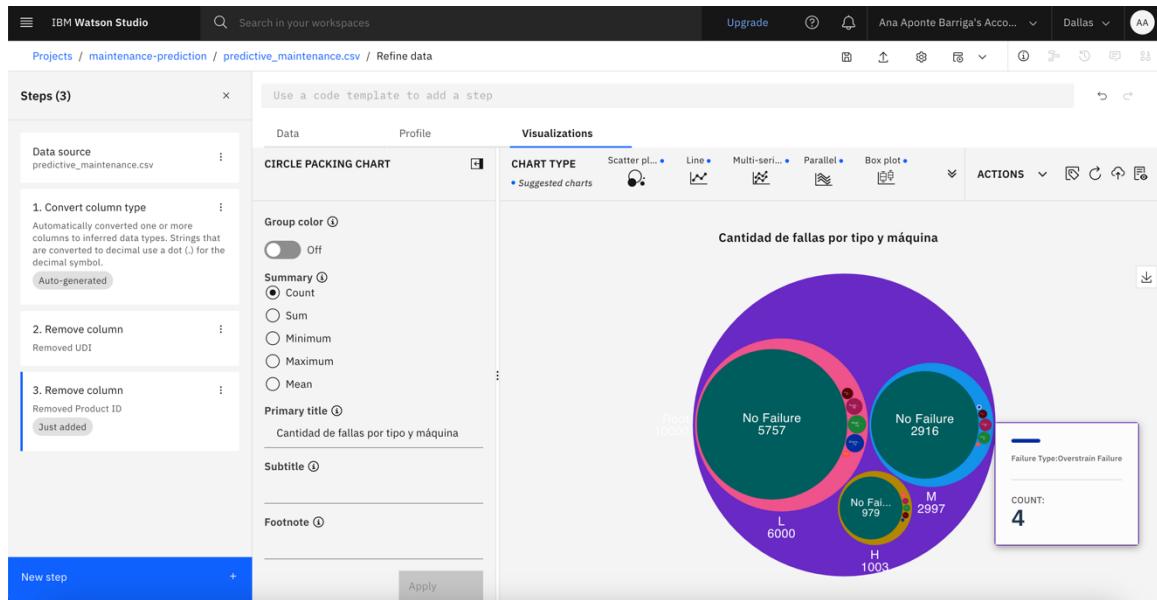
32.Si seleccionas variables que se relacionan, como temperatura del aire y temperatura del proceso, verás que efectivamente se puede identificar una correlación fuerte usando Watson.



33.Podemos también en un diagrama circular observar la proporción de procesos sin falla vs. Las fallas clasificadas por tipo.



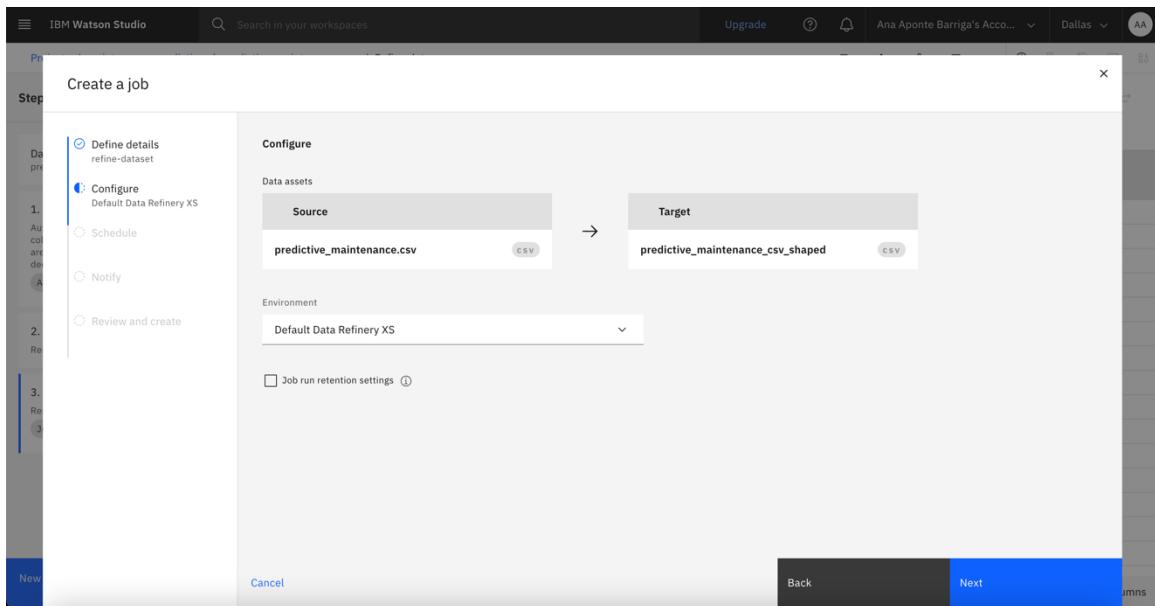
34.También encontrarás otros tipos de gráficas no tan comunes, como lo es el circle packing chart. Acá podemos ver la relación de tipos de falla agrupadas por tipo de máquina. A su vez, si lo deseas puedes dar click en la flecha del lado derecho para descargar un archivo con la imagen generada de la gráfica.



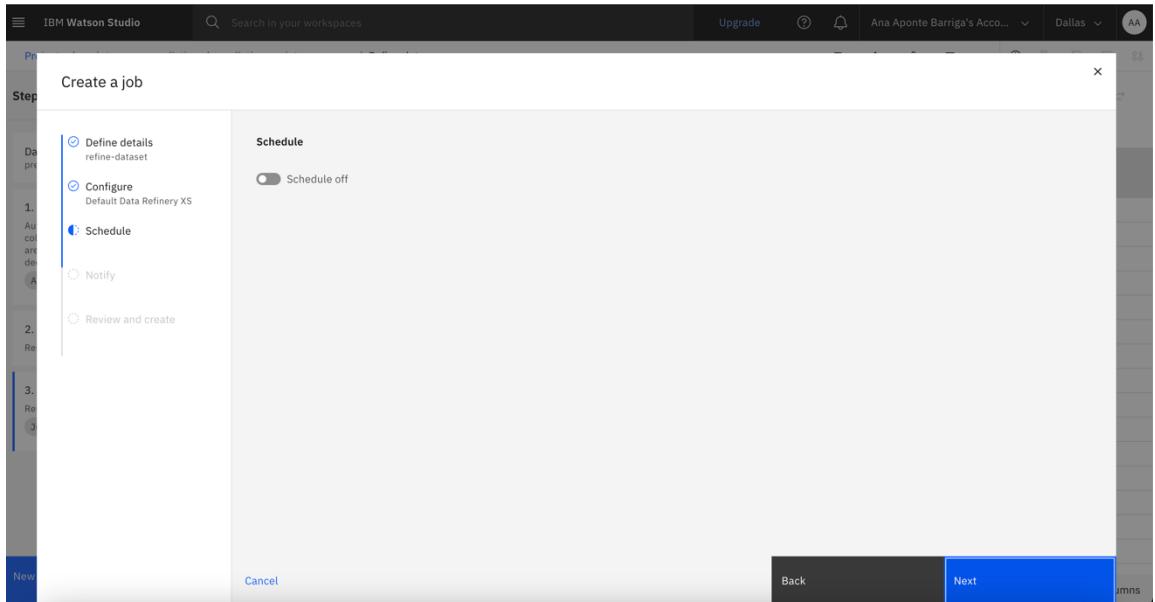
35.Luego de haber visualizado los datos, vamos a guardar las modificaciones que se realizaron al archivo CSV en la sección anterior. Para ello, da click en el ícono de guardar en la parte superior. Asigna un nombre al proceso de limpieza de datos, en este caso se le puso **refine-dataset**. Da click en **next**

The screenshot shows the 'Create a job' dialog box. On the left, a sidebar shows a workflow with three steps: '1. Aut... (3)', '2. Re...', and '3. Re...'. Step 3 is currently selected. On the right, the 'Define details' section is active, showing an associated asset 'predictive_maintenance.csv_flow (3 Steps)'. The 'Name' field is filled with 'refine-dataset'. Below it is a 'Description (optional)' field with the placeholder 'What's the purpose of this job?'. At the bottom, there are 'Cancel' and 'Next' buttons, with 'Next' being highlighted in blue.

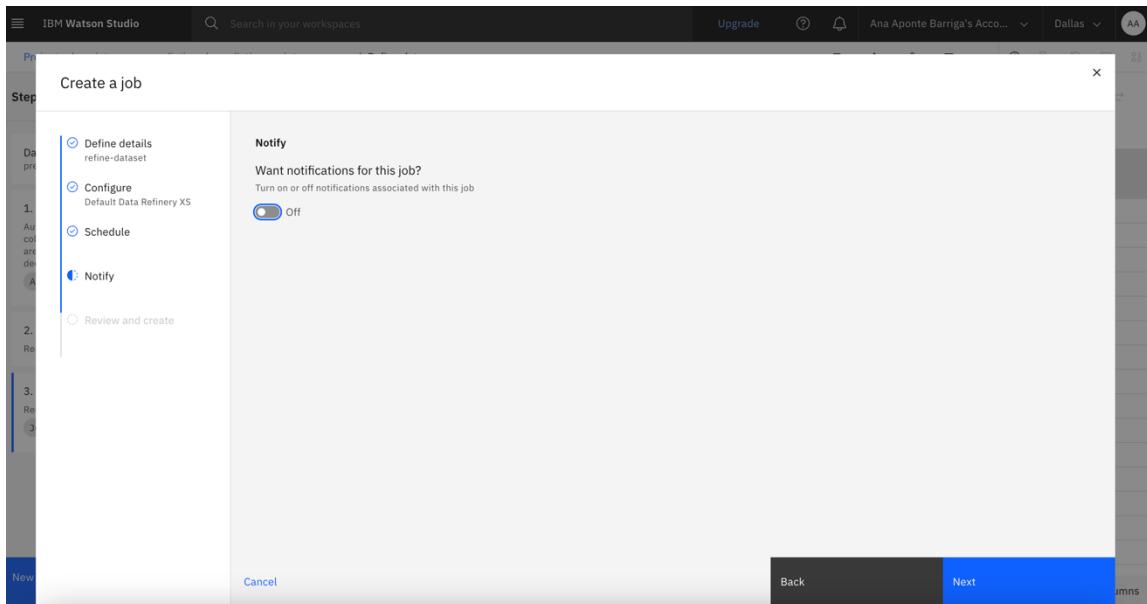
36. En la siguiente ventana se configura el tipo de ambiente, déjalo como está por defecto y da click en **next**.



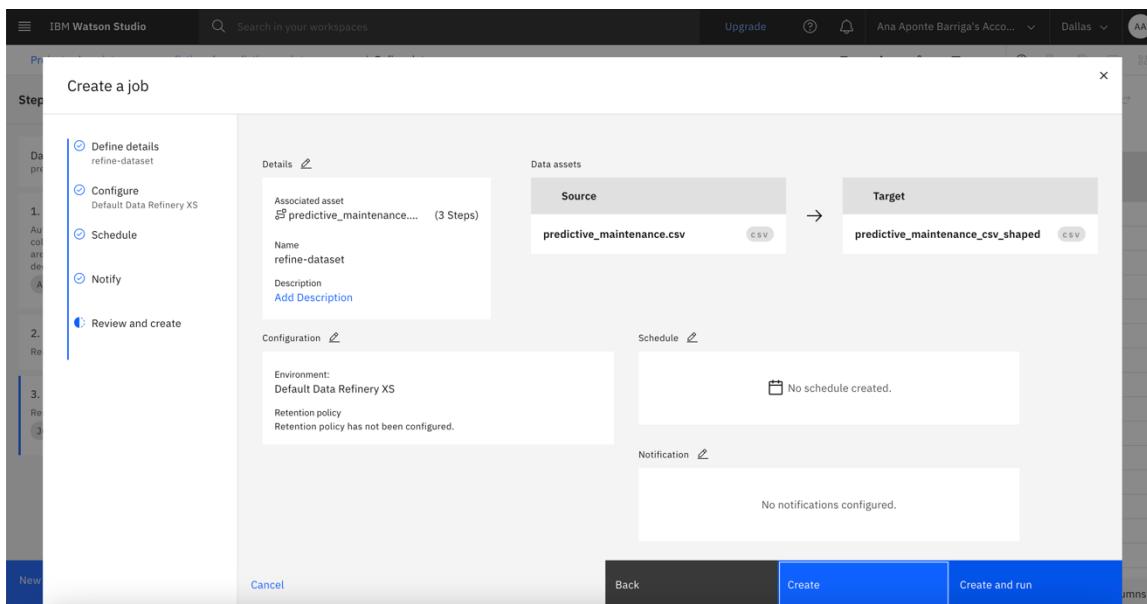
37. Da click en **next** sin hacer ninguna selección.



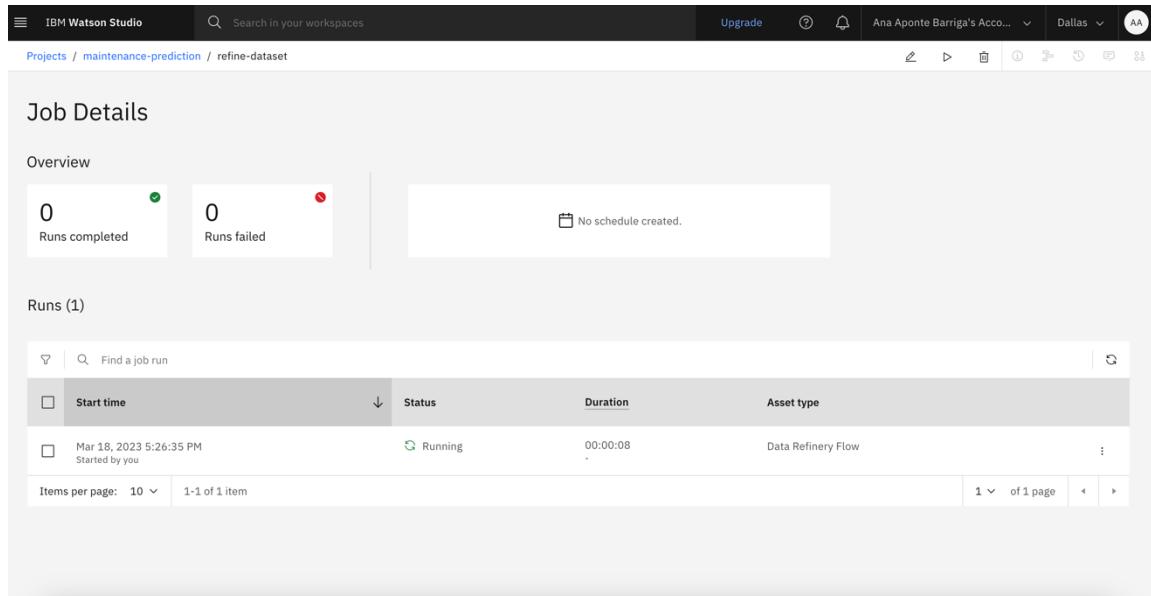
38. Nuevamente da click en **next** sin hacer ninguna selección.



39. Finalmente, en la página de resumen verifica el nombre del archivo CSV que se generará con las modificaciones seleccionadas. En este caso es **predictive_maintenance_csv_shaped**. Da click en **Create and run**.

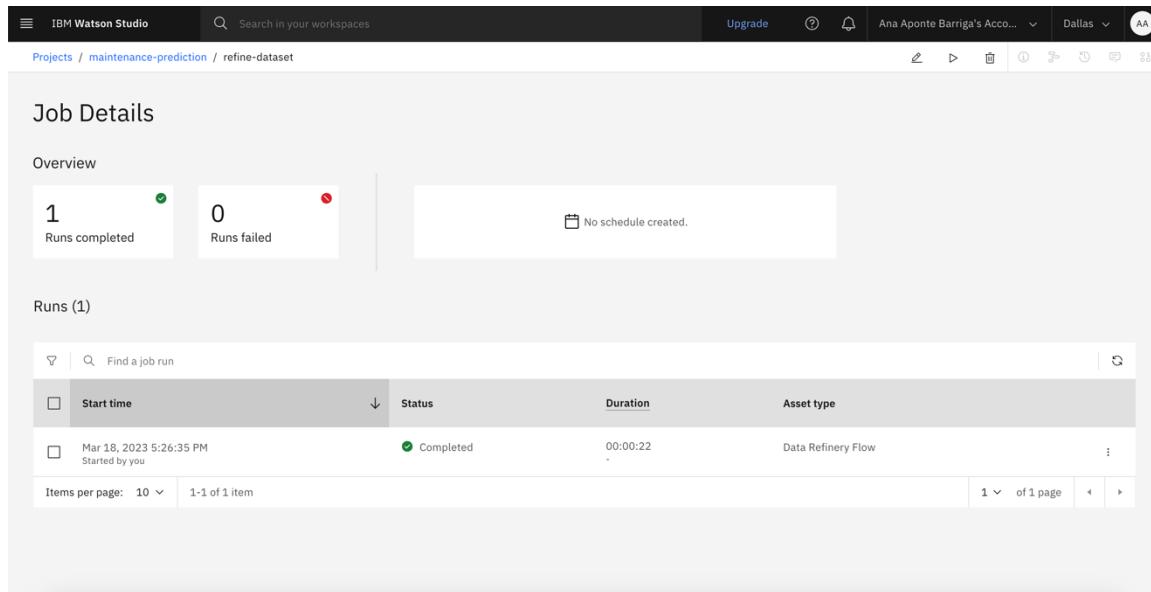


40. Te aparecerá la ventana de creación, donde podrás ver el progreso en la columna status.



The screenshot shows the 'Job Details' page in IBM Watson Studio. At the top, there's a navigation bar with 'IBM Watson Studio', a search bar, and various account and project details. Below the header, the title 'Job Details' is displayed. Under the 'Overview' section, there are two boxes: one showing '0 Runs completed' with a green checkmark icon, and another showing '0 Runs failed' with a red exclamation mark icon. To the right of these boxes is a message: 'No schedule created.' In the 'Runs (1)' section, there's a table with one row. The table has columns for 'Start time', 'Status', 'Duration', and 'Asset type'. The data in the table is: Start time - Mar 18, 2023 5:26:35 PM (Started by you); Status - Running; Duration - 00:00:08; Asset type - Data Refinery Flow. At the bottom of the table, it says 'Items per page: 10' and '1-1 of 1 item'.

41. Cuando aparezca el status **Completed**, habrás terminado esta sección y podrás iniciar con la construcción del modelo.



This screenshot shows the same 'Job Details' page after the job has been completed. The 'Runs (1)' table now has one row where the 'Status' column shows a green checkmark icon followed by the word 'Completed'. All other details in the table remain the same as the previous screenshot. The bottom of the table still shows 'Items per page: 10' and '1-1 of 1 item'.

D. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

En esta sección, utilizaremos la herramienta AutoAI de Watson Studio para crear el modelo de inteligencia artificial que predecirá si cierta configuración generará falla, y si es así, el tipo de falla generada.

43. Iniciaremos en el panel de resumen del proyecto, allí da click en el botón azul **New Asset**

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface with the 'Projects / maintenance-prediction' workspace selected. The top navigation bar includes 'Upgrade', 'Help', 'Ana Aponte Barriga's Acco...', 'Dallas', and a user icon. The main area has tabs for 'Overview', 'Assets' (which is selected), 'Jobs', and 'Manage'. A search bar says 'Search in your workspaces'. On the left, there's a sidebar for 'Asset types' with 'Data' (2 items) and 'Flows' (1 item). The main content area displays 'All assets' with three entries:

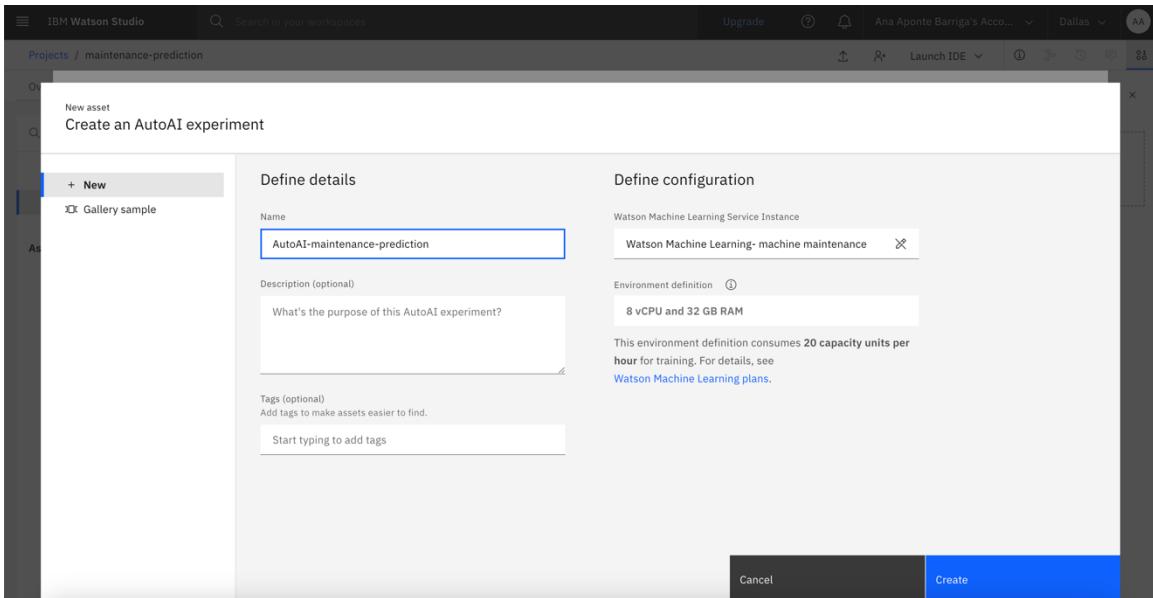
Name	Last modified
predictive_maintenance_csv_shaped CSV	Now Modified by you
predictive_maintenance.csv_flow Data Refinery flow	4 minutes ago Modified by you
predictive_maintenance.csv CSV	1 hour ago Modified by you

Below the table are buttons for 'Items per page: 20' and '1–3 of 3 items'. To the right, a sidebar titled 'Data in this project' has a dashed box for 'Drop data files here or browse for files to upload'.

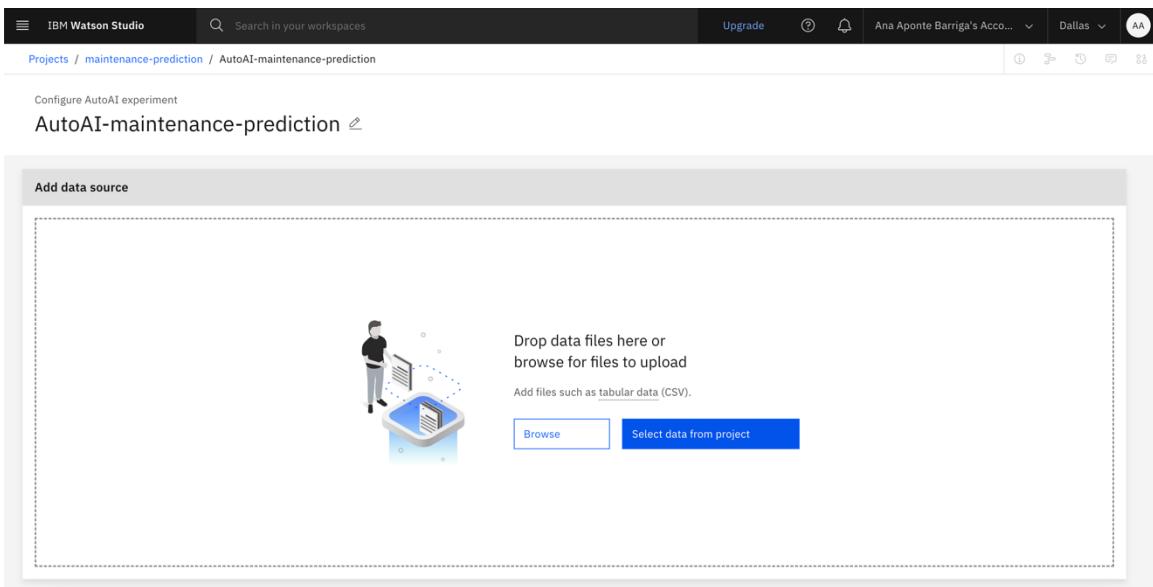
44. Entre las opciones presentadas, selecciona **AutoAI**

The screenshot shows the 'New asset' dialog box. The title is 'New asset' and it says 'Select a tool based on what type of asset you want and how you want to work.' The 'Tool type' dropdown is set to 'All types'. The interface includes a search bar 'Find tools by name or description' and a 'Data access tools' section. Below are sections for 'Connection' (with a description: 'Supply the information necessary to connect to a data source.') and 'Model' (with a description: 'Add an existing PMML (predictive model markup language) file (.xml) from your local system as a model'). At the bottom, there's a 'Show descriptions' toggle switch. The 'AutoAI' section is highlighted with a green circle and a description: 'Automatically analyze your tabular data and generate candidate model pipelines customized for your predictive modeling problem.'

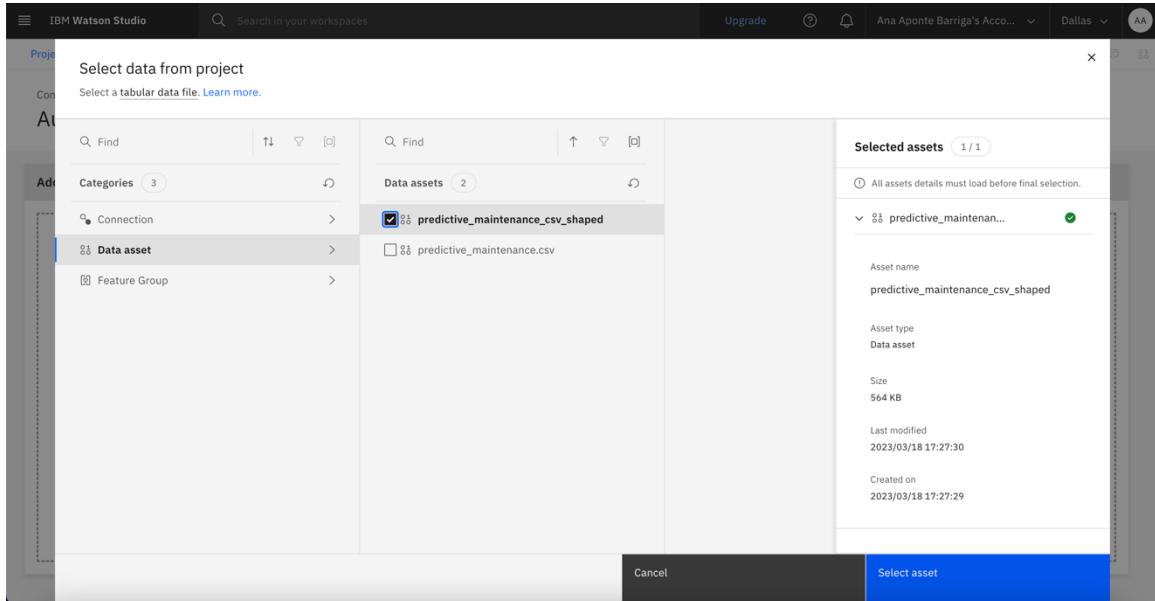
45. Asigna un nombre a tu experimento de AutoAI, podría ser **AutoAI-maintenance-prediction**, los demás ítems los dejaremos tal como están. Da click en **Create**.



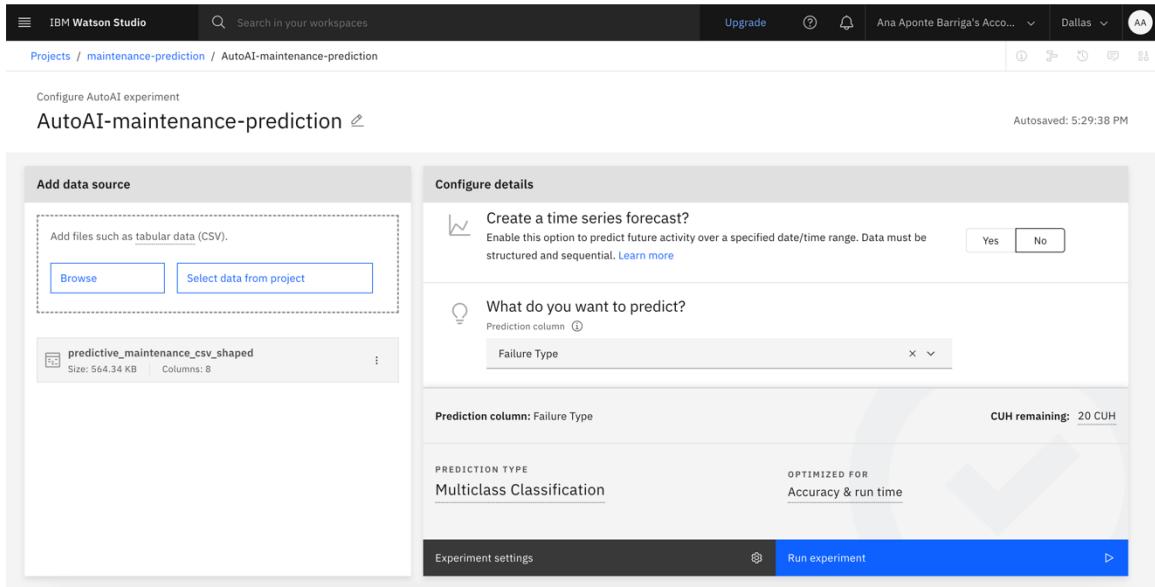
46. Ahora necesitarás el conjunto de datos, para ello da click en el botón azul **Select data from Project**.



47. Como recordarás del final de la sección anterior, el conjunto de datos ya modificado fue almacenado en el archivo **predictive_maintenance_csv_shaped**. Selecciona el conjunto de datos que se modificó en la sección de limpieza de datos y da click en el botón azul **Select asset**.



48. En la siguiente ventana podrás configurar la creación de tu modelo. En la sección "Create a times series forecast" selecciona la opción **no**. Posteriormente, podrás seleccionar una columna a predecir, allí seleccionaremos **Failure type**. Al tener un servicio lite, la capacidad de procesamiento disponible es limitada, por lo cual te aparecerá cuánto almacenamiento te queda en el mes, la cantidad máxima está definida en 20 CUH. Da click en el botón azul **Run experiment** para iniciar la construcción de tu modelo.



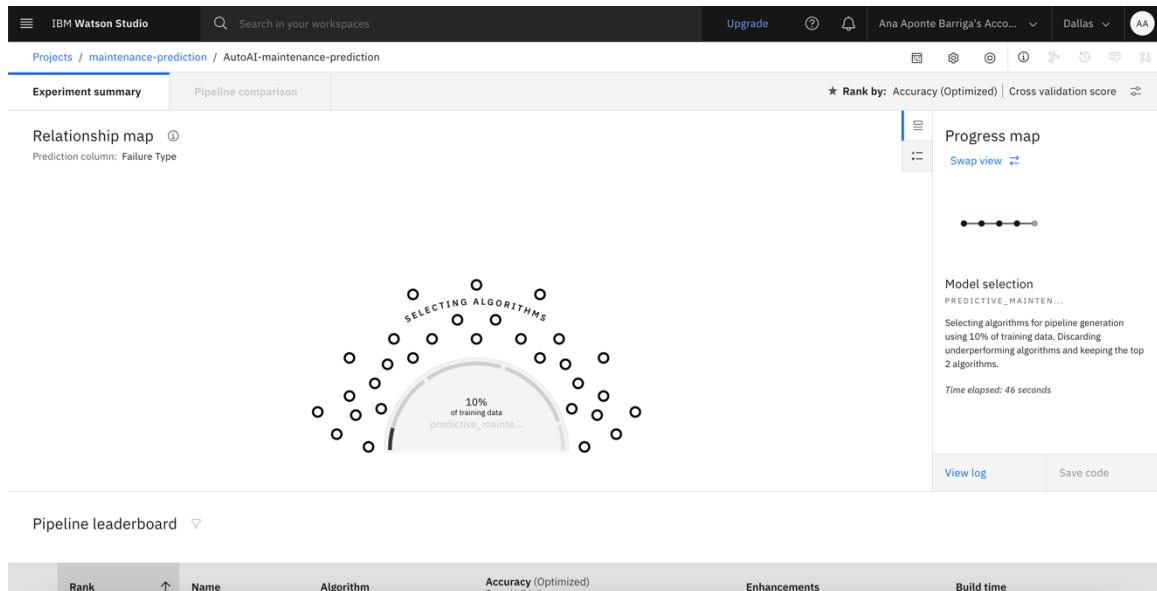
49. En la siguiente ventana te aparecerá el avance del experimento.

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface. At the top, there's a navigation bar with 'IBM Watson Studio', a search bar, and various icons. Below it, the project path is 'Projects / maintenance-prediction / AutoAI-maintenance-prediction'. The main area has tabs for 'Experiment summary' (which is selected) and 'Pipeline comparison'. On the right, there's a 'Progress map' section with a circular progress bar and a status message: 'Your AutoAI run has started' followed by a detailed description of the run's progress. Below the progress map are buttons for 'View log' and 'Save code'. A 'Pipeline leaderboard' section is also visible at the bottom.

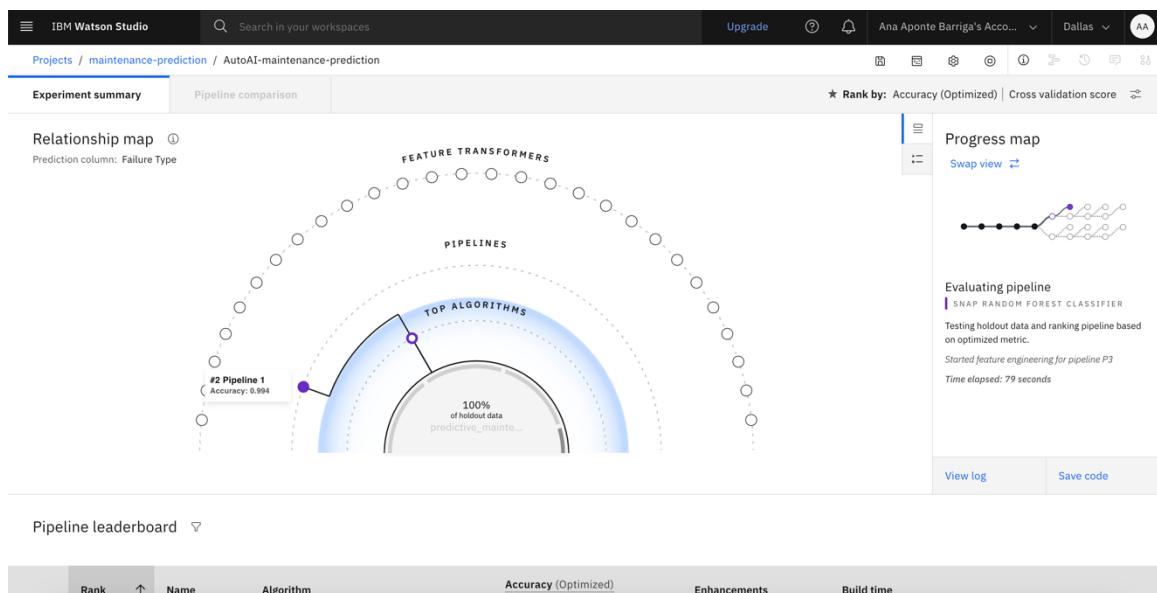
50. Podrás ver el paso a paso del proceso. Inicialmente, te mostrará el porcentaje de datos seleccionados para entrenar y para probar el modelo.

This screenshot is from the same interface as the previous one, showing the 'Experiment summary' tab. It features a 'Relationship map' visualization with a central node labeled 'predictive_main...' and a pie chart illustrating data splitting. The chart shows 90% of the data allocated to 'TRAINING DATA' (3 folds) and 10% to 'HOLDOUT DATA'. To the right, a 'Progress map' shows the 'Splitting data' step, which has completed. The progress bar is nearly full, and the status message indicates the splitting of holdout and training data. Buttons for 'View log' and 'Save code' are present at the bottom.

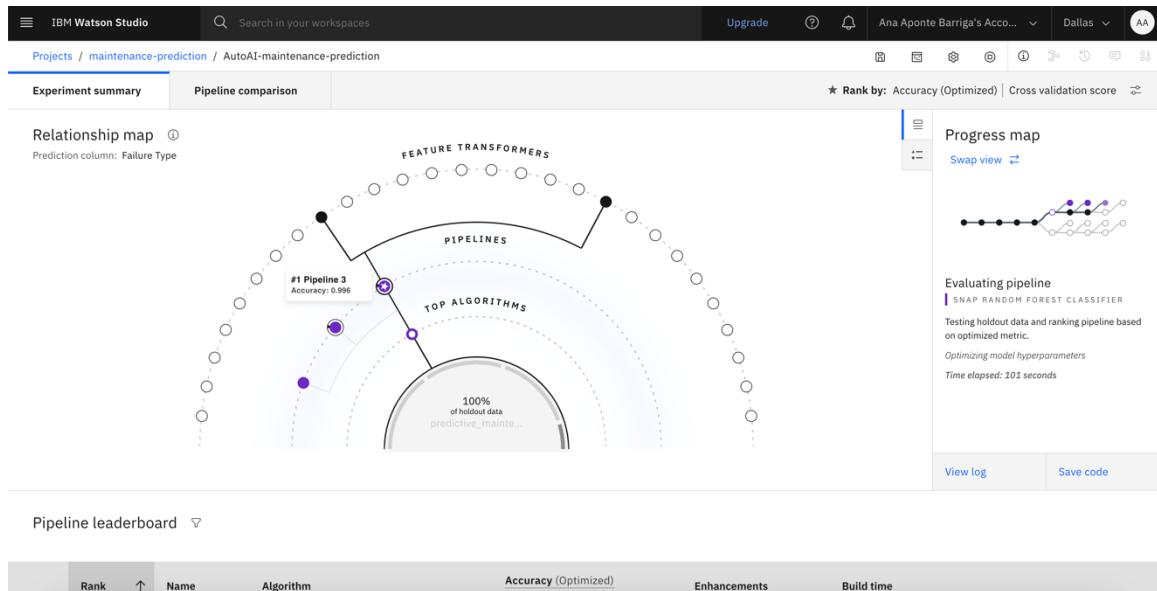
51. Posteriormente te mostrará la etapa de selección de algoritmos para el modelo



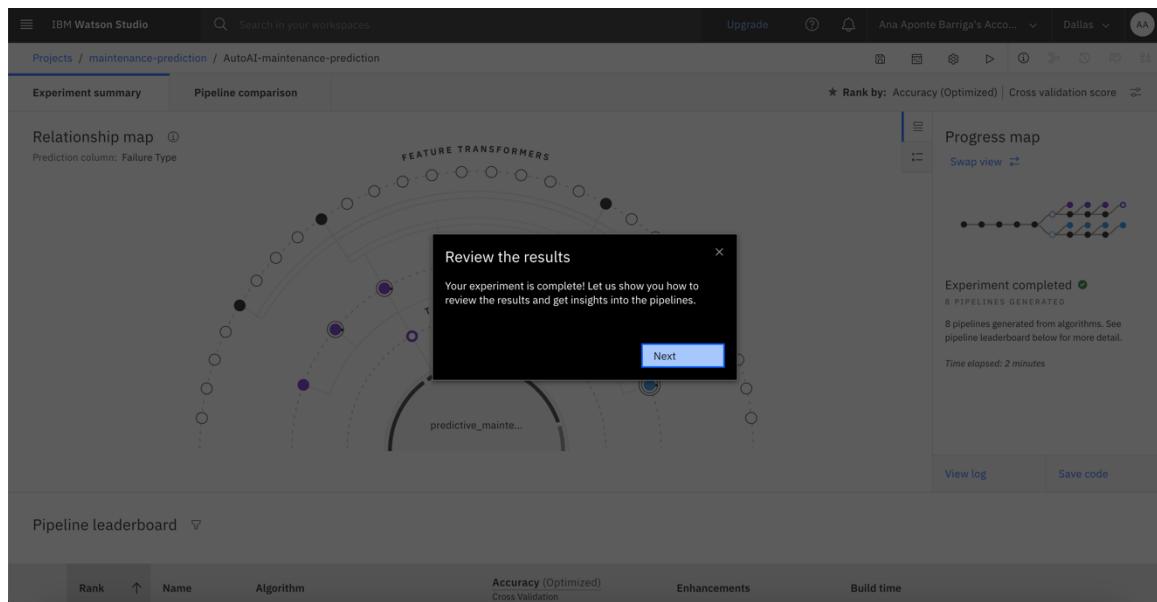
52. Podrás ver que cada que se selecciona un algoritmo, al lado derecho aparecerá qué algoritmo es y el mapa de progreso en la generación del modelo.



53. Podrás ver también la creación de diferentes pipelines con los mejores algoritmos



54. Cuando la creación del modelo termine, te aparecerá un anuncio para ver los resultados. Da click en Next.

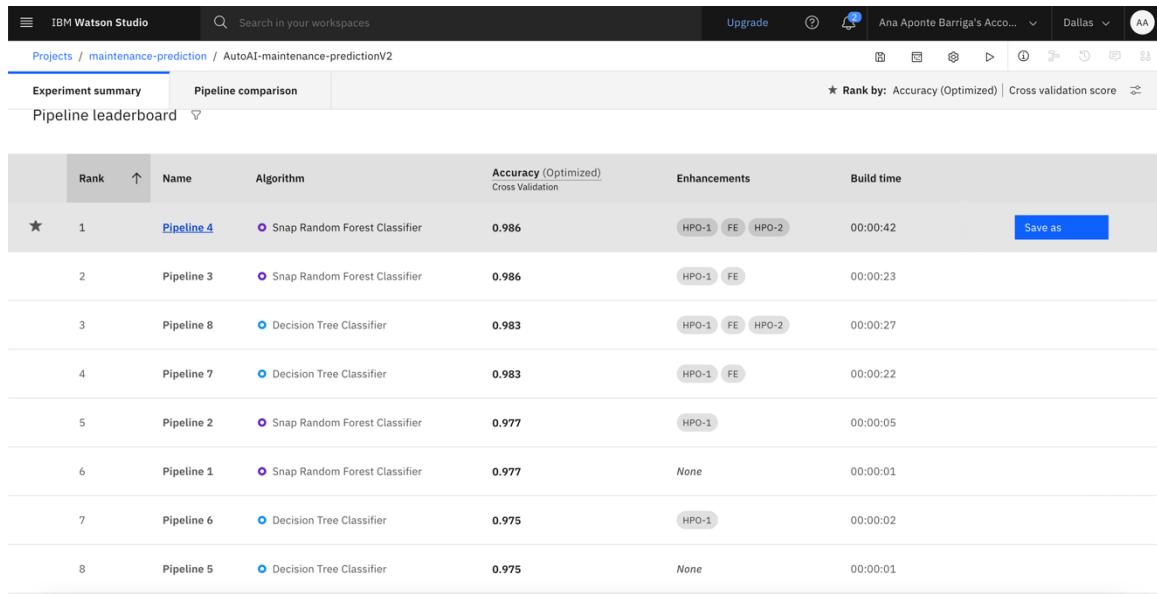


55. La herramienta te dará la opción de dar un tour por los resultados obtenidos, podrás darle click en next o en la X para saltar el tour.

56. Inicialmente, podrás ver el mapa de relaciones donde aparecen los algoritmos probados, de los cuales los mejores fueron seleccionados para la creación de pipelines, donde las mejores son seleccionadas para ser optimizadas.

Rank	Name	Algorithm	Accuracy (Optimized)	Enhancements	Build time
1	Pipeline 4	Snap Random Forest Classifier	0.996	HPO-1 FE HPO-2	00:00:42
2	Pipeline 3	Snap Random Forest Classifier	0.996	HPO-1 FE	00:00:23

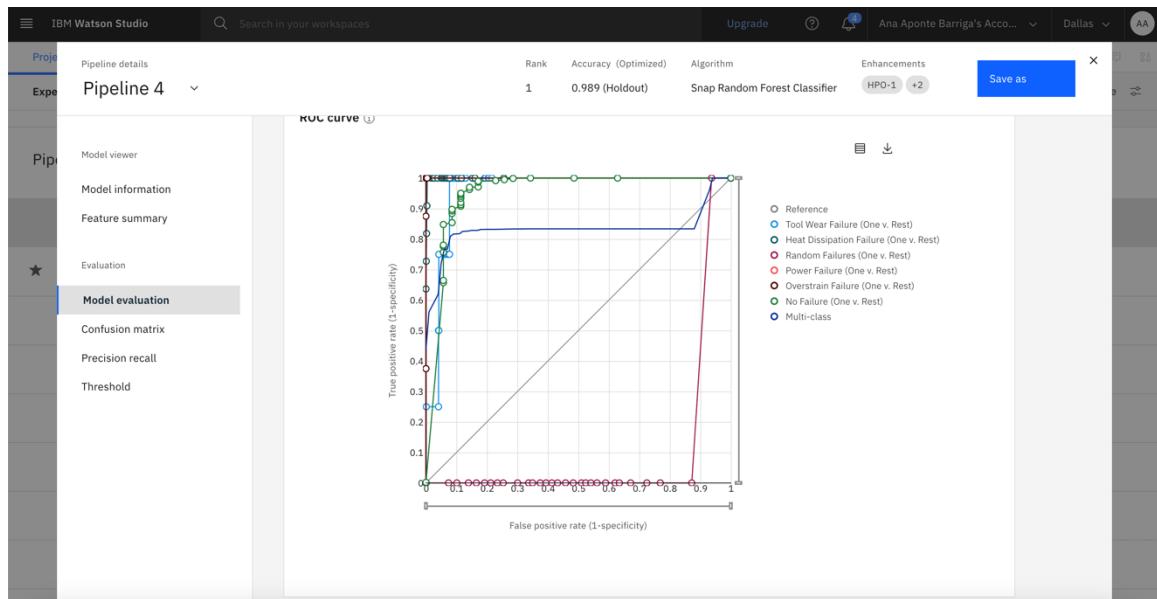
57. En la siguiente tabla podrás ver cada uno de los modelos generados, incluyendo para cada uno el algoritmo que usa, la exactitud obtenida, las optimizaciones implementadas y el tiempo que tardó en ser generado. Da click en el nombre del primer modelo (en este caso **Pipeline 4**) para ver sus detalles.



The screenshot shows the IBM Watson Studio interface with the URL [Projects / maintenance-prediction / AutoAI-maintenance-predictionV2](#). The main content is a table titled "Pipeline comparison" showing eight pipelines. The columns are Rank, Name, Algorithm, Accuracy (Optimized) Cross Validation, Enhancements, and Build time. Pipeline 4 is ranked 1st with an accuracy of 0.986, using a Snap Random Forest Classifier algorithm with HPO-1, FE, and HPO-2 enhancements, built in 0:00:42. A "Save as" button is visible for Pipeline 4.

Rank	Name	Algorithm	Accuracy (Optimized) Cross Validation	Enhancements	Build time	
★ 1	Pipeline 4	Snap Random Forest Classifier	0.986	HPO-1 FE HPO-2	0:00:42	Save as
2	Pipeline 3	Snap Random Forest Classifier	0.986	HPO-1 FE	0:00:23	
3	Pipeline 8	Decision Tree Classifier	0.983	HPO-1 FE HPO-2	0:00:27	
4	Pipeline 7	Decision Tree Classifier	0.983	HPO-1 FE	0:00:22	
5	Pipeline 2	Snap Random Forest Classifier	0.977	HPO-1	0:00:05	
6	Pipeline 1	Snap Random Forest Classifier	0.977	None	0:00:01	
7	Pipeline 6	Decision Tree Classifier	0.975	HPO-1	0:00:02	
8	Pipeline 5	Decision Tree Classifier	0.975	None	0:00:01	

58. En la ventana emergente, podrás ver una gráfica de evaluación del modelo, donde se clasifica por el tipo de falla.



59. En el menú de la izquierda, selecciona la matriz de confusión, allí podrás ver una comparación entre los datos observados y predichos.

Observed	Predicted						Percent correct
	Heat Dissipation Failure	No Failure	Overstrain Failure	Power Failure	Random Failures	Tool Wear Failure	
Heat Dissipation Failure	7	1	0	0	0	0	87.5%
No Failure	4	964	0	0	2	4	99.0%
Overstrain Failure	0	0	8	0	0	0	100.0%
Power Failure	0	0	0	10	0	0	100.0%
Random Failures	0	0	0	0	0	0	0.0%
Tool Wear Failure	0	0	0	0	0	0	0.0%
Percent correct	63.6%	99.9%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	98.9%

60. En el menú de la izquierda, puedes seleccionar la opción **Feature Summary**, donde se presentan las variables usadas por el modelo para realizar la predicción. En este caso podemos ver que las features más importantes en este modelo son productos de variables entregadas en el conjunto de datos.

Feature name	Transformation	Feature importance
NewFeature_2	product(Rotational speed [rpm],Torque [Nm])	100.00%
NewFeature_3 (Most improved)	product(Torque [Nm],Tool wear [min])	80.00%
Rotational speed [rpm]	None	30.00%
NewFeature_7	pca(ALL)[7]	29.00%
Type	None	17.00%
NewFeature_4	pca(ALL)[2]	8.00%
Air temperature [K]	None	5.00%
Tool wear [min]	None	3.00%
NewFeature_0	product(Air temperature [K],Torque [Nm])	2.00%

61.Finalmente, en la pestaña de **Model Information** podrás ver un resumen general del modelo generado. Ya que este modelo fue el de mejor desempeño, será el que guardaremos para realizar el despliegue. Para ello da click en el botón azul **Save as**

Pipeline details

Pipeline 4

Rank: 1 Accuracy (Optimized): 0.989 (Holdout) Algorithm: Snap Random Forest Classifier Enhancements: HPO-1 +2

Model information

Experiment parameters

Prediction column	Failure Type
Algorithm	SnapRandomForestClassifier
Number of features	14
Number of evaluation instances	1000
Created on	3/19/2023, 9:43:07 AM

Save as

62.Primero guardaremos el modelo, para ello da click en **Model** y luego en **create**.

Save as

Select asset type

Model

Notebook

Define details

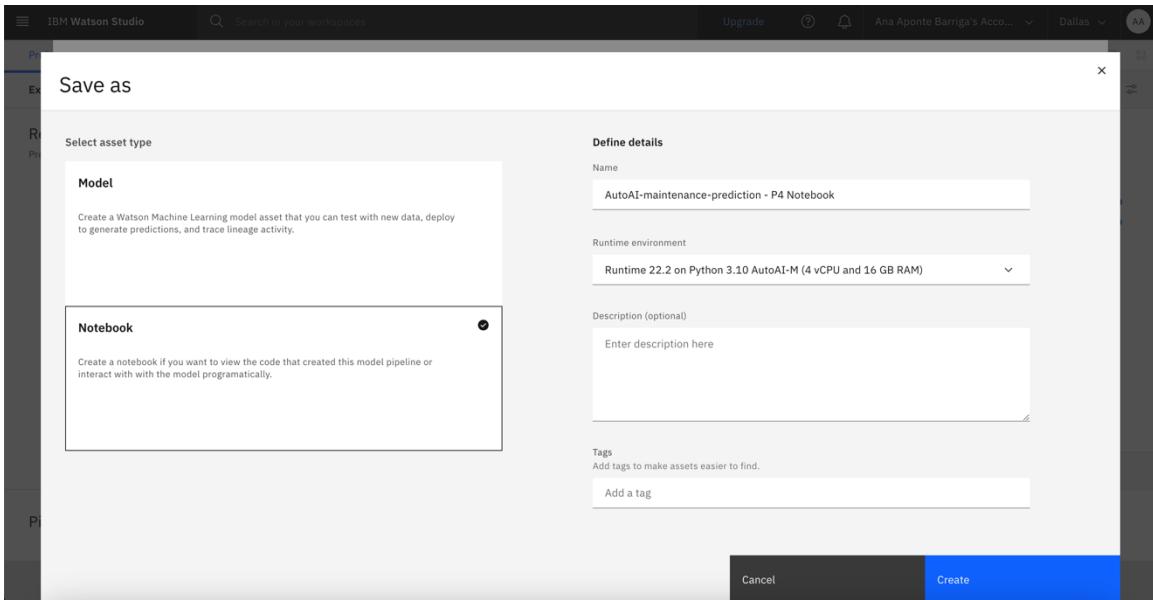
Name: AutoAI-maintenance-prediction - P4 Snap Random Forest Classifier

Description (optional): Enter description here

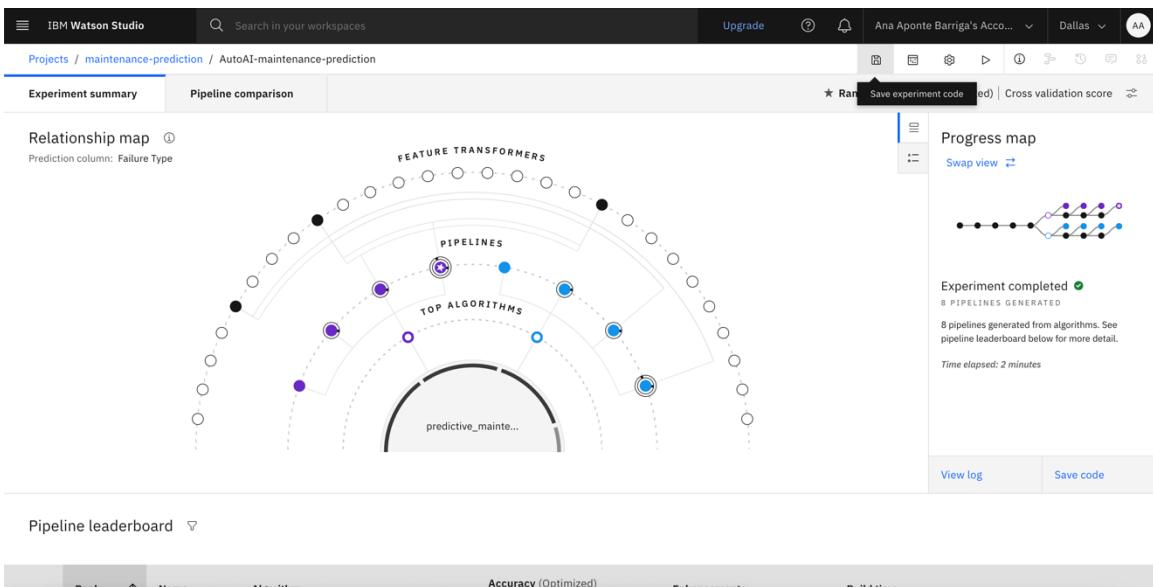
Tags: Add tags to make assets easier to find.

Create

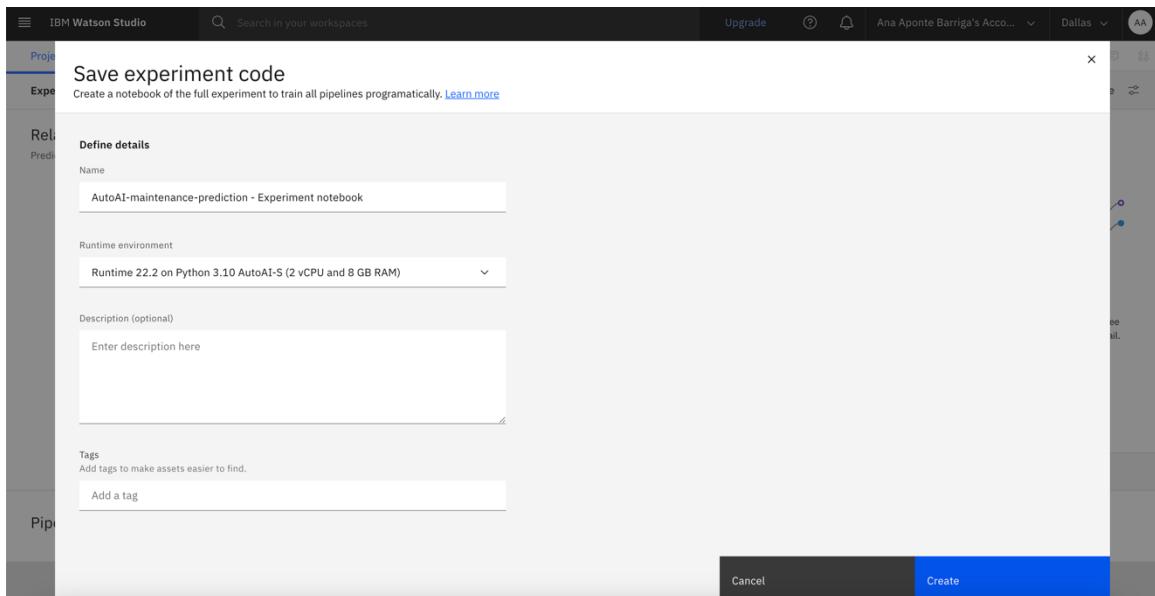
63. De la misma forma, puedes dar click en **Notebook** para obtener el código fuente del modelo generado, y posteriormente en **Create**.



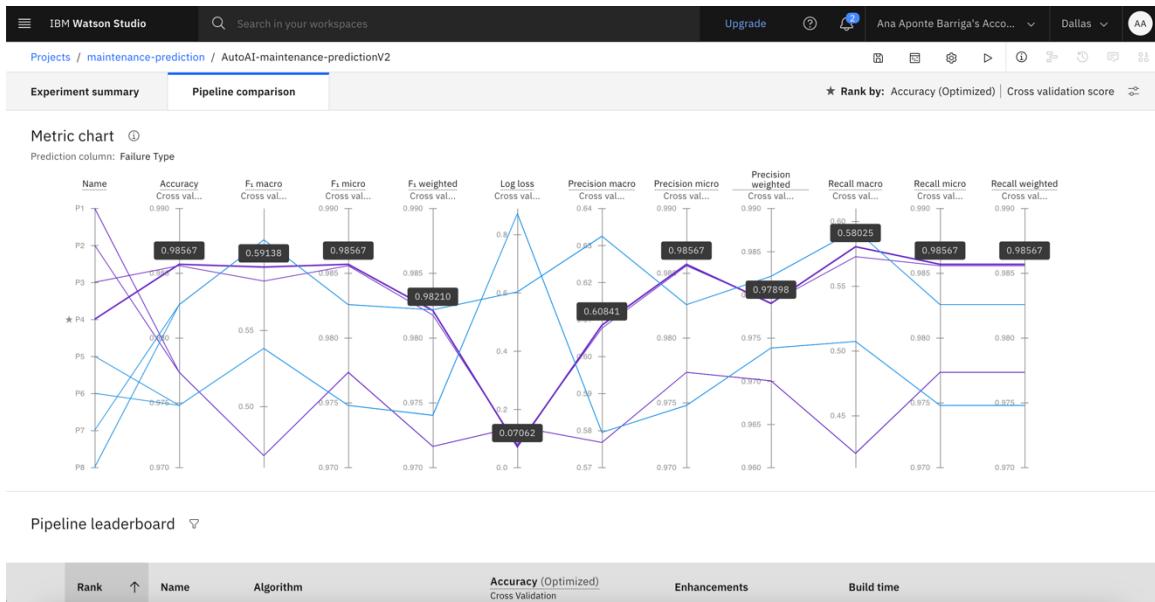
64. En la página de resultados del experimento, también podrás guardar el código de todos los modelos generados, dando click en **Save Experiment Code**.



65.Para guardar el código del experimento, podrás elegir un nombre o dejar el que aparece por defecto, y luego dar click en **Create**.



66.Finalmente, si quieres explorar un poco más el modelo generado, puedes dar click en la pestaña **Pipeline comparison**, donde aparece un comparativo por categorías entre todos los modelos.



E. DESPLIEGUE DEL MODELO

La última etapa del proceso de ciencia de datos es realizar el despliegue y evaluación del modelo generado. En este caso, realizaremos pruebas al modelo usando la interfaz web de IBM Cloud. Sin embargo, también es posible desplegar el modelo por medio de APIs embebidas en aplicaciones.

67.Iniciamos volviendo a la pantalla inicial del proyecto:

Name	Last modified
AutoAI-maintenance-prediction - Experiment notebook	2 minutes ago Modified by you
AutoAI-maintenance-prediction - Experiment notebook	5 minutes ago Modified by you
AutoAI-maintenance-prediction - P4 Notebook	7 minutes ago Modified by you
AutoAI-maintenance-prediction - P4 Snap Random... Model	8 minutes ago Modified by you
AutoAI-maintenance-prediction AutoAI experiment	13 minutes ago Modified by you
predictive_maintenance_csv_shaped CSV	19 minutes ago Modified by you
predictive_maintenance.csv_flow Data Refinery flow	23 minutes ago Modified by you
predictive_maintenance.csv CSV	1 hour ago Modified by you

68.En el menú de la izquierda, selecciona la opción **Models**, así te aparecerá el modelo generado. Da click en el menú de hamburguesa de la esquina superior izquierda.

Name	Type	Software specification	Last modified
AutoAI-maintenance-prediction - P4 Snap Random... Model	wml-hybrid_0.1	hybrid_0.1	8 minutes ago Modified by you

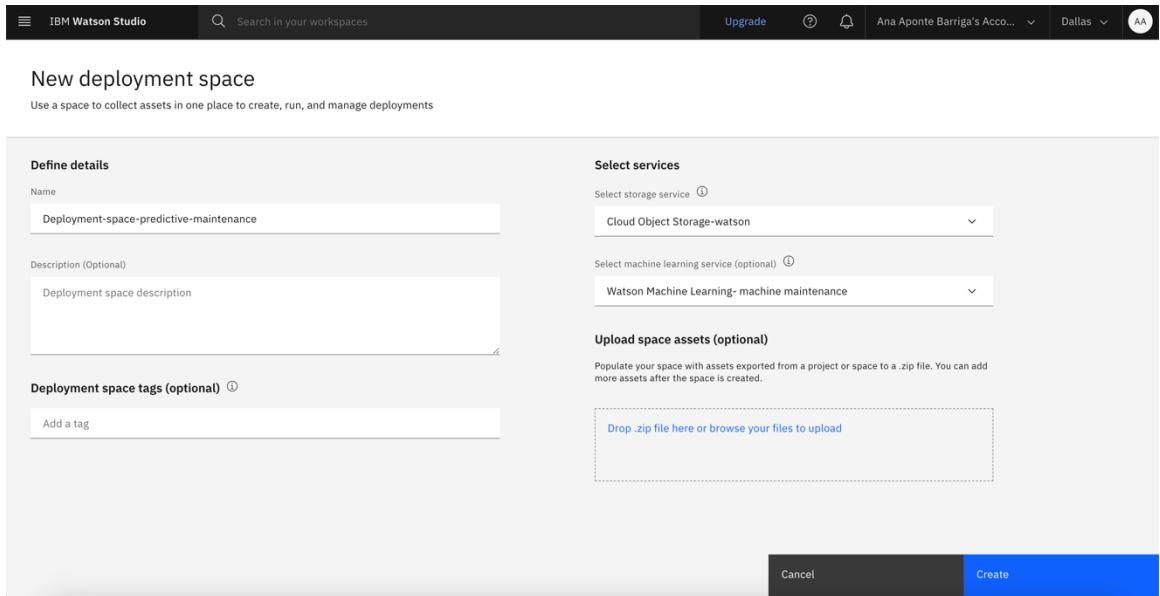
69. Selecciona la opción Deployments

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface. The left sidebar has a dark theme with various sections: Home, Data, Platform connections, Projects, View all projects, Jobs, Deployments (which is selected and highlighted in blue), Services, and Galleries. The main content area shows a project titled "prediction - P4 Snap Random Forest Classifier". Below the title is a "Promote to deployment space" button. The main content area displays a table with one row and several columns, with the "Type" column showing values like "double", "double", "integer", "integer", "integer", "double", and "other". To the right of the main content is a detailed view of the project, including its name ("AutoAI-maintenance-prediction - P4 Snap Random Forest Classifier"), last modified date ("Mar 18, 2023, 5:55 PM"), description ("No description provided."), created date ("Mar 18, 2023, 5:39 PM"), type ("wml-hybrid_0.1"), model ID ("8e5614f9-b500-4fb3-96be-af7..."), software specification ("hybrid_0.1"), hybrid pipeline software specifications ("autoai-kb_rt22.2-py3.10"), and tags ("Add tags to make assets easier to find").

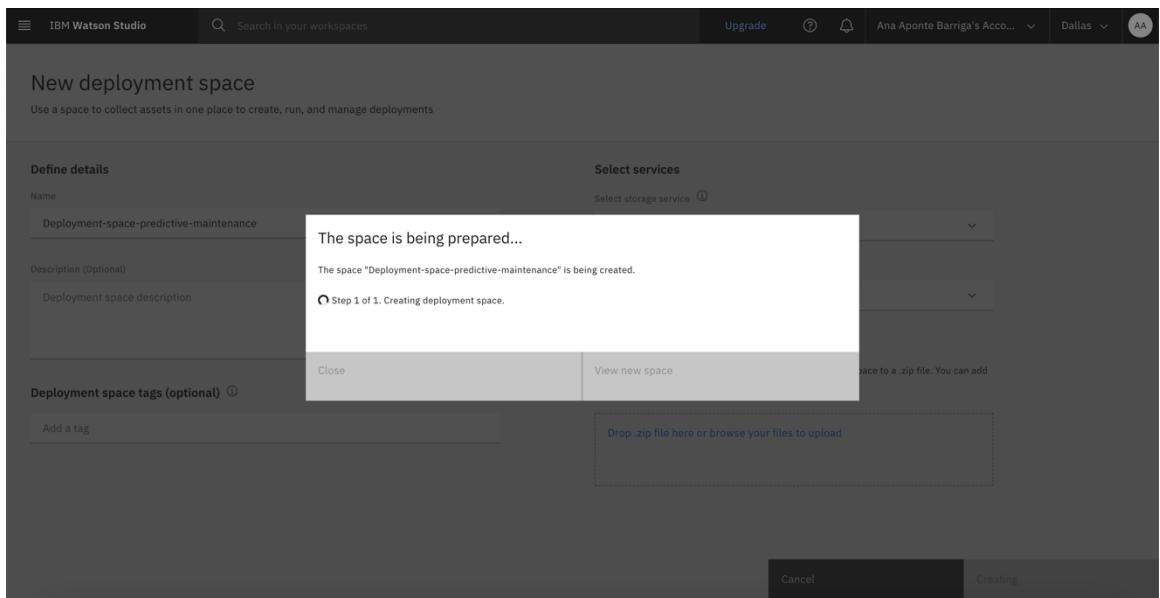
70. Da click en el botón azul New Deployment space

The screenshot shows the "Deployments" page in IBM Watson Studio. The sidebar shows "0 spaces" under the "Activity" tab. In the center, there is a message: "You currently do not have or are not associated to any spaces." Below this message is a "New deployment space" button with a plus sign. The top navigation bar includes the IBM Watson Studio logo, search bar, upgrade button, notifications, account info, location dropdown, and a settings icon.

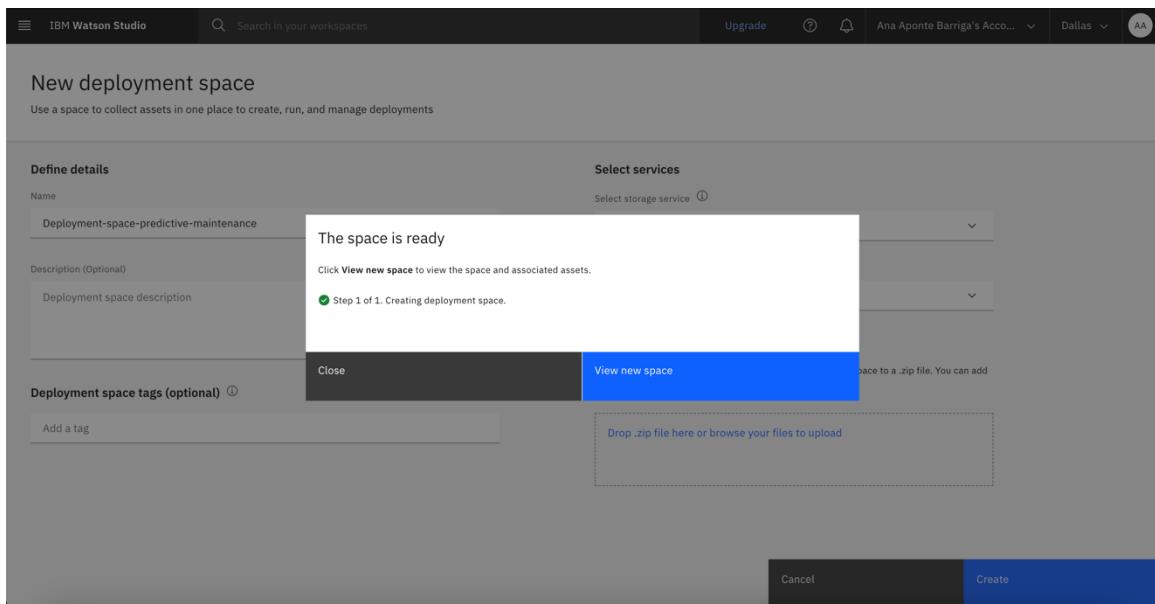
71. Ingresa un nombre para tu espacio de despliegue, en este caso se usó **Deployment-space-predictive-maintenance**. Las instancias de almacenamiento y machine learning deben estar seleccionadas por defecto. Da click en **Create**



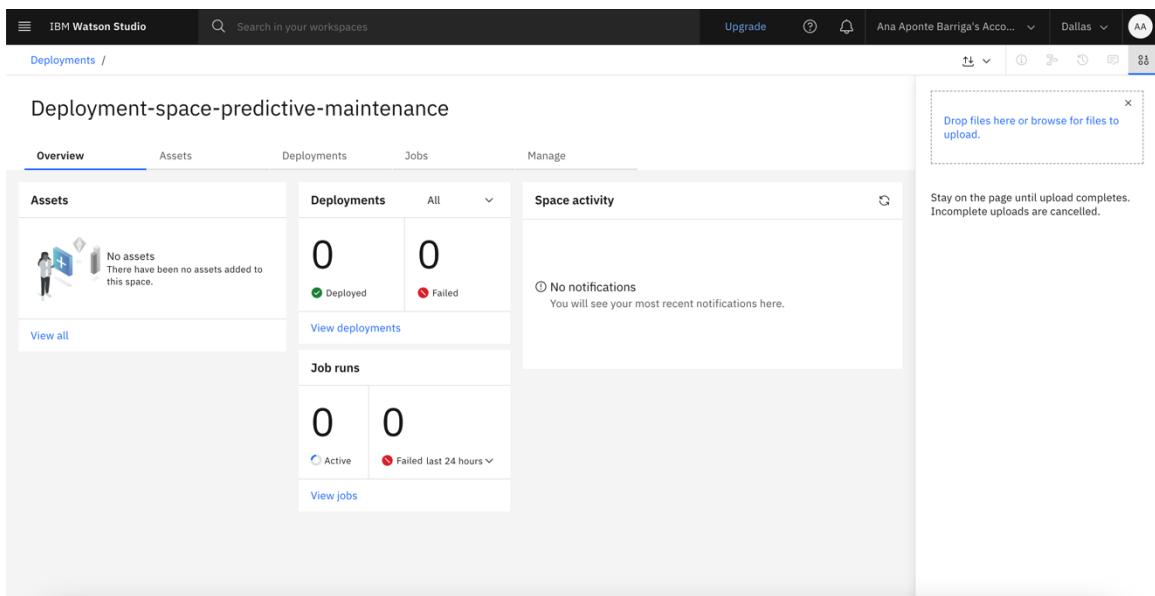
72. Aparecerá un aviso mientras se crea el espacio de despliegue.



73.Cuando termine la creación del espacio, da click en **View new space**



74.Podrás ver un resumen del espacio creado. Ahora volvemos a la pantalla inicial del proyecto. Da click en el menú de hamburguesa en la esquina superior izquierda.



75. Selecciona la opción **View all projects**

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface. On the left, a dark sidebar menu includes options like Home, Data, Platform connections, Projects (selected), View all projects, Jobs, Deployments (selected), Services, Gallery, Administration, and Support. The main workspace title is "predictive-maintenance". Below the title, there are three tabs: Deployments, Jobs, and Manage. The Deployments tab is active, showing "Space activity" with 0 Deployed and 0 Failed. It also has a "View deployments" link. The Jobs tab shows 0 Active and 0 Failed last 24 hours, with a "View jobs" link. A file upload area on the right says "Drop files here or browse for files to upload." A note below it states: "Stay on the page until upload completes. Incomplete uploads are cancelled."

76. Aparecerá el proyecto en que hemos estado trabajando. Da click en el nombre del proyecto

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface with the "Projects" section selected in the sidebar. The main area displays a table of projects. The columns are Name, Date created, Your role, and Collaborators. One project is listed: "maintenance-prediction" was created 2 hours ago by "Admin" with one collaborator, "AB". A "New project" button is located in the top right corner of the table header.

77.Selecciona el menú **Models** y da click en el nombre del modelo creado.

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface with the 'Assets' tab selected. On the left, there's a sidebar with 'Asset types' including Data, Flows, Experiments, Notebooks, and Models (which is currently selected). The main area displays a table titled 'Models' with one entry:

Name	Type	Software specification	Last modified
AutoAI-maintenance-prediction - P4 Snap Random Forest Classifier	wml-hybrid_0.1	hybrid_0.1	19 minutes ago Modified by you

78.Da click en el botón azul **Promote to deployment space**

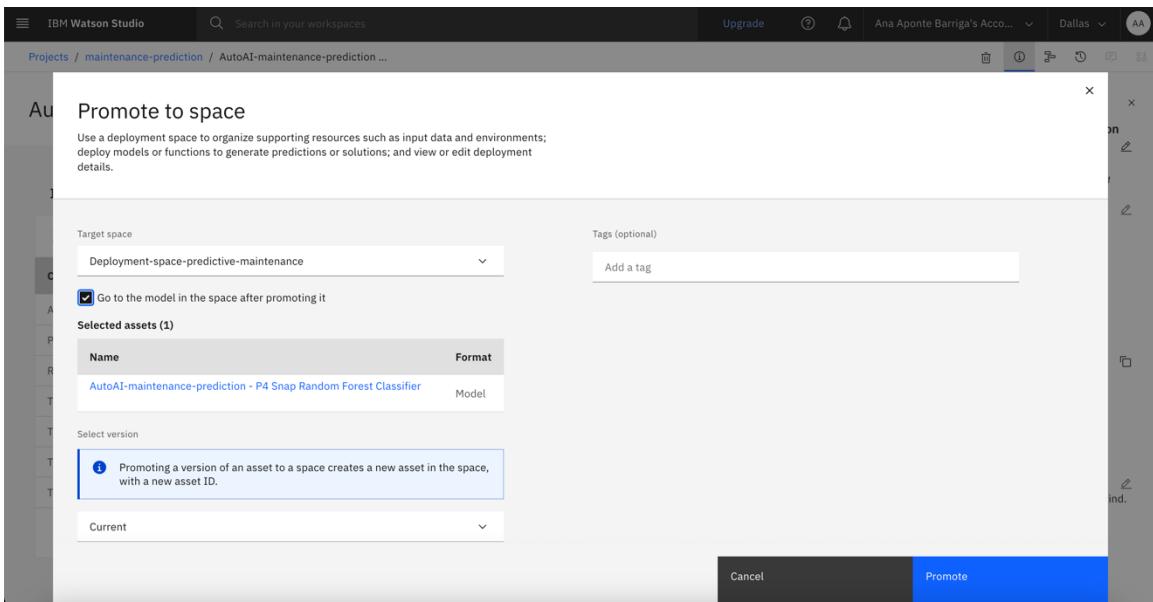
The screenshot shows the details page for the 'AutoAI-maintenance-prediction - P4 Snap Random Forest Classifier' model. At the top, there's a blue button labeled 'Promote to deployment space'. Below it, the 'Input Schema' section shows the following table:

Column	Type
Air temperature [K]	"double"
Process temperature [K]	"double"
Rotational speed [rpm]	"integer"
Target	"integer"
Tool wear [min]	"integer"
Torque [Nm]	"double"
Type	"other"

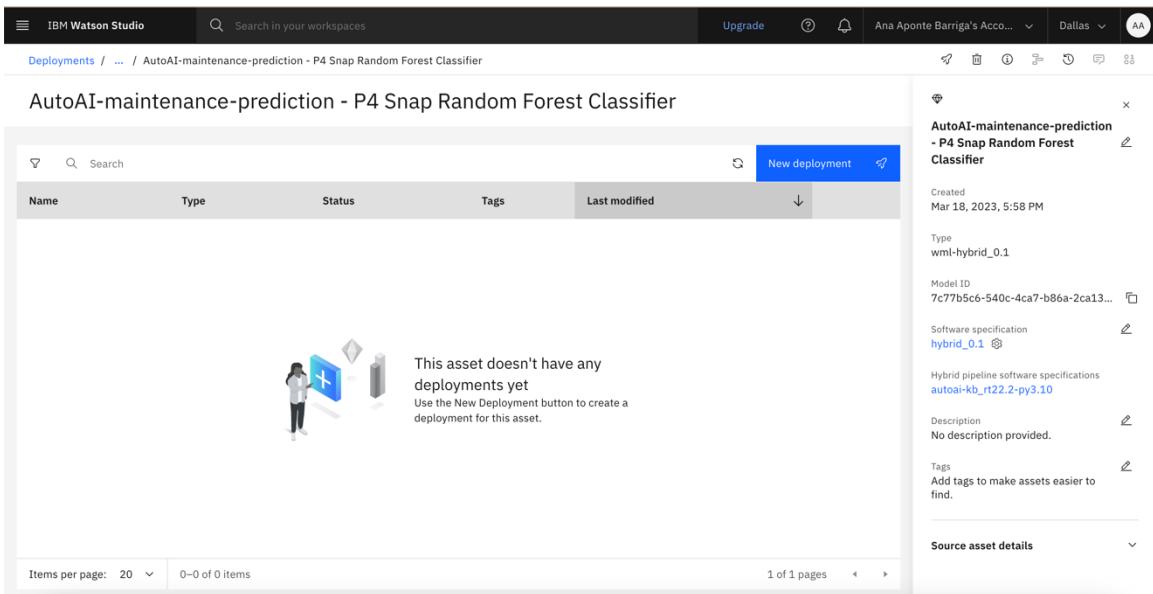
To the right of the schema, there are several metadata fields:

- Description: No description provided.
- Created: Mar 18, 2023, 5:39 PM
- Type: wml-hybrid_0.1
- Model ID: 8e5614f9-b500-4fb3-96be-af7...
- Software specification: hybrid_0.1
- Hybrid pipeline software specifications: autoai-kb_r22.2-py3.10
- Tags: Add tags to make assets easier to find.

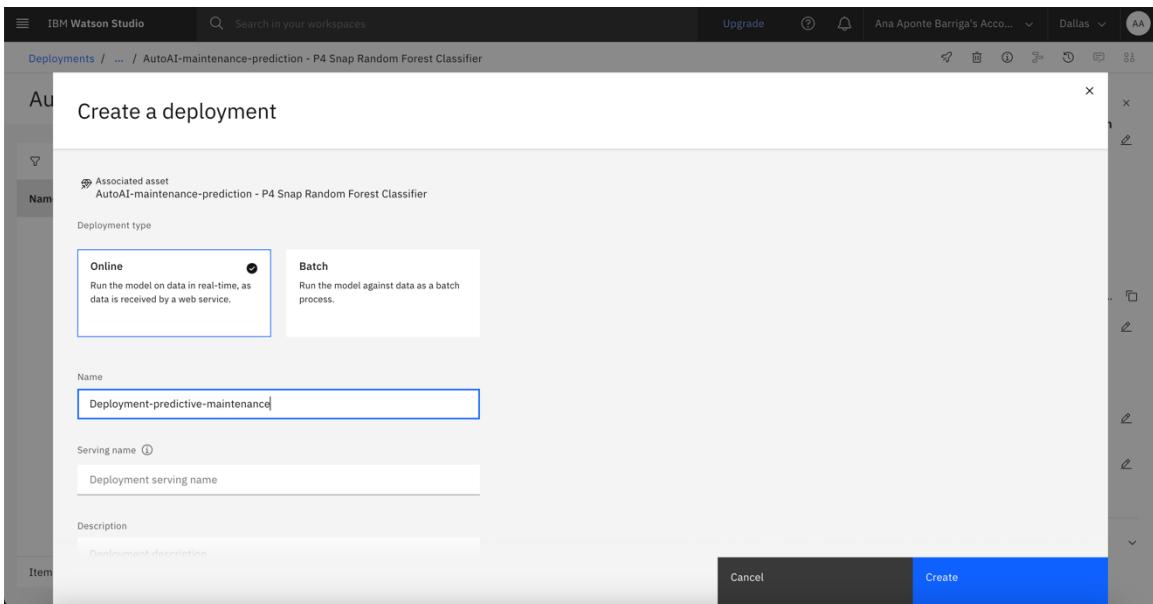
79.Aparecerá seleccionado el espacio de despliegue que recién creaste, da click en la casilla **Go to the model in the space after promoting it**, y posteriormente da click en **Promote**



80.Da click en **New deployment**



81. Selecciona la opción **online**, y asigna un nombre a tu despliegue, por ejemplo **deployment-predictive-maintenance**. Da click en **Create**



82. En la pantalla se mostrará el estado del proceso de creación del despliegue.

The screenshot shows the deployment list and details view for 'AutoAI-maintenance-prediction - P4 Snap Random Forest Classifier'. On the left, a table lists one deployment: 'Deployment-predictive-maintenance' (Type: Online, Status: Initializing, Last modified: 19 seconds ago). On the right, detailed information for this deployment is shown, including its creation date (Mar 18, 2023, 5:58 PM), Model ID (7c77b5c6-540c-4ca7-b86a-2ca13...), Software specification (hybrid_0.1), Hybrid pipeline software specifications (autoai-kb_r22.2-py3.10), and Tags (No description provided). A 'Source asset details' section is also visible.

83.Cuando se complete la creación del despliegue, da click en el nombre para abrirlo.

Deployments / ... / AutoAI-maintenance-prediction - P4 Snap Random Forest Classifier

Name	Type	Status	Tags	Last modified
(i) Deployment-predictive-maintenance	Online	Deployed	Add tags +	34 seconds ago Ana Aponte Barriga (You)

Items per page: 20 | 1–1 of 1 items | 1 of 1 pages

84.Te aparecerá la página de referencia API, donde se encuentran los códigos para incluir el modelo en aplicaciones de diferentes lenguajes de programación. En este caso usaremos la herramienta online, así que da click en la pestaña **Test**, justo debajo del título de la página.

Deployments / Deployment-space-predictive-m... / AutoAI-maintenance-prediction ... /

Deployment-predictive-maintenance • Deployed Online

API reference Test

Endpoint: <https://us-south.ml.cloud.ibm.com/ml/v4/deployments/676cfa7d-4d2d-4b6f-8ca8-706524f5d956/predictions?version=1>

Bearer <token> ⓘ IAM ⓘ

Code snippets

cURL	Java	JavaScript	Python	Scala
<pre># NOTE: you must set \$API_KEY below using information retrieved from your IBM Cloud account. curl -i -X POST --header "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded" --header "Accept: application/json" --data-urlencode "grant_type=urn:ibm:params:oauth:grant-type:apikey" --data-urlencode "apikey=\$API_KEY" "https://iam.cloud.ibm.com/identity/token"</pre> <p># The above CURL request will return an auth token that you will use as \$IAM_TOKEN in the scoring request below # TODO: manually define and pass values to be scored below curl -X POST --header "Content-Type: application/json" --header "Accept: application/json" --header "Authorization: Bearer \$IAM_TOKEN" -d '{"input_data": [{"fields": ["\$ARRAY_OF_INPUT_FIELDS"], "values": ["\$ARRAY_OF_VALUES_TO_BE_SCORED", "\$ANOTHER_ARRAY_OF_VALUES_TO_BE_SCORED"]}], "url": "https://us-south.ml.cloud.ibm.com/ml/v4/deployments/676cfa7d-4d2d-4b6f-8ca8-706524f5d956/predictions?version=1"}'</p>				

Serving name: No serving name. ⓘ

Description: No description provided. ⓘ

Tags: Add tags to make assets easier to find. ⓘ

85. Inicialmente probaremos el modelo con una sola entrada de datos. Para ello, ingresa un valor por variable en cada ítem de la primera fila y da click en Predict

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface in 'Test' mode. The top navigation bar includes 'IBM Watson Studio', 'Search in your workspaces', 'Upgrade', and user information. Below the navigation is a breadcrumb trail: 'Deployments / Deployment-space-predictive-m... / AutoAI-maintenance-prediction ... /'. The main area is titled 'Deployment-predictive-maintenance' with a status of 'Deployed Online'. A 'Test' tab is selected under 'API reference'. The 'Enter input data' section contains a table with 7 columns: 'Type (other)', 'Air temperature [K] (double)', 'Process temperature [K] (double)', 'Rotational speed [rpm] (integer)', 'Torque [Nm] (double)', 'Tool wear [min] (integer)', and 'Target (integer)'. The first row has values: H, 310, 315, 1200, 50, 1, 1. Buttons for 'Text input' and 'JSON input' are shown above the table. A note says 'Enter data manually or use a CSV file to populate the spreadsheet. Max file size is 50 MB.' Below the table are download, browse, and search links. A 'Predict' button is at the bottom right.

86. Aparecerá una ventana emergente con el resultado de falla según los datos ingresados. En este caso se predice una falla por disipación de calor.

The screenshot shows the 'Prediction results' interface. The top navigation bar and breadcrumb trail are identical to the previous screenshot. The main area is titled 'Prediction results' with a sub-section 'Multiclass classification'. It displays a circular progress bar indicating '1 Record'. Below the bar, a legend shows three categories: 'Heat' (blue), 'Dissipation' (orange), and 'Failure' (green). A table view shows the prediction details for one record: 'Prediction' (Heat), 'Confidence' (80%), 'Type' (H), 'Air temperature [K]' (310), 'Process temperature [K]' (315), 'Rotational speed [rpm]' (1200), and 'Torque [Nm]' (50). A 'Show input data' button is next to the table. At the bottom, a 'Download' button is visible.

87.Otra forma de probar el modelo generado es incluyendo un archivo CSV con datos de prueba. Da click en el botón **Download CSV template**, esto descargará un archivo CSV con los encabezados de la tabla de datos. Allí podrás incluir todas las filas de datos que deseas. Para incluir el archivo da click en **Browse local files** y selecciona tu CSV con los datos de prueba.

The screenshot shows the IBM Watson Studio interface for a deployment named "Deployment-predictive-maintenanceV2". The "Test" tab is active. On the left, there's an "Enter input data" section with "Text input" and "JSON input" options. Below it is a note about manually entering data or using a CSV file. A table is displayed with columns: Type (other), Air temperature [K] (double), Process temperature [K] (double), Rotational speed [rpm] (integer), Torque [Nm] (double), and Tool wear [min] (integer). The table contains 50 rows of data. At the bottom right of the input area is a large blue "Predict" button.

88.Luego de dar click en **Predict**, te aparecerá una ventana emergente con los resultados de predicción en visualización de tabla y de diagrama circular. Asímismo se incluye un nivel de confianza de cada predicción en la vista de tabla. Estos resultados los puedes descargar dando click en **Download**.

The screenshot shows a "Prediction results" dialog box. It features a donut chart labeled "50 Records" with three segments: "No Failure" (purple), "Power Failure" (blue), and "Heat Dissipation Failure" (green). To the right of the chart is a table view of the prediction results for 11 records. The table has columns for "Prediction", "Confidence", "Type", and other process parameters like "Air temperature [K]", "Process temperature [K]", "Rotational speed [rpm]", and "Torque [Nm]". Each row shows a prediction like "No Failure" with a confidence level like 97%. At the bottom right of the dialog is a blue "Download" button.

89.Finalmente, descargaremos y visualizaremos el código del modelo generado. Para ello regresa a la pantalla principal de IBM Cloud cloud.ibm.com/resources. Da click en **Storage** para ver la instancia creada de Cloud Object Storage, da click sobre el nombre de tu instancia.

Name	Group	Location	Product	Status	Tags
Cloud Object Storage-watson	Default	Global	Cloud Object Storage	Active	cpdaas
Watson Studio - machine maintenance	Default	Dallas	Watson Machine Learning	Active	cpdaas

90.Dentro del Object Storage tendrás dos buckets, uno que fue el creado para almacenar modelos y el otro que es usado por Machine Learning para guardar información propia del servicio. Se distinguen porque el creado por Machine Learning es una cadena de caracteres aleatorios. Da click en el bucket creado para almacenar los resultados de Watson Studio, en este caso es **maintenance-prediction-donotdelete**

Bucket	Service credentials	Instance Usage	Plan	
f3331997-4a2d-4c3e-930b-f9c9927759ef	No	us-south	Standard	2023-03-18 5:56 PM
maintenanceprediction-donotdelete-pr-4wh3twlzosax	No	us-south	Standard	2023-03-18 3:52 PM

91. Te aparecerá una lista con todos los archivos almacenados. Da click en el ícono de carpeta en la parte superior derecha para tener una mejor visualización.

Object name	Archived	Size	Last modified
5b756ed5-2fa1-4e76...5-90d9-40c2e3ebb811		1.8 KB	2023-03-18 5:39 PM
5b756ed5-2fa1-4e76...3-a1ab-9c8365a47578		11.8 KB	2023-03-18 5:39 PM
HashMap(path -> "aut...s")/pipeline-model.json	Data Engine	1.8 KB	2023-03-18 5:34 PM
HashMap(path -> "aut...a/assets")/pipeline.json	Data Engine	1.2 KB	2023-03-18 5:34 PM
auto_ml/c8bc6e46-28.b1f-a7ef-fb5fa5096de0		837 bytes	2023-03-18 5:31 PM
auto_ml/c8bc6e46-28.b1f-a7ef-fb5fa5096de0		29.3 KB	2023-03-18 5:34 PM
auto_ml/c8bc6e46-28..l_model/P1_automl.zip		12.6 KB	2023-03-18 5:32 PM
auto_ml/c8bc6e46-28..l_pipeline_model.json	Data Engine	1.8 KB	2023-03-18 5:34 PM
auto_ml/c8bc6e46-28..ml_model/request.json	Data Engine	6.5 KB	2023-03-18 5:34 PM

92. Selecciona la carpeta notebook

Object name	Archived	Size	Last modified
5b756ed5-2fa1-4e76...e2-1d2359c8eb72/			
HashMap(path -> "auto_ml/			
auto_ml/			
data_asset/			
data_flow/			
notebook/			
runtimes/			
predictive_maintenance.csv	Data Engine	518.6 KB	2023-03-18 4:18 PM

93. Selecciona el notebook almacenado con la última hora de modificación, y da click en **Download object**

The screenshot shows the IBM Cloud Cloud Object Storage interface. On the left, there's a sidebar with options like Instances, Buckets, Integrations, Endpoints, Documentation, and Billing. The main area shows a list of objects under the 'notebook' folder. One file, 'notebook_d6bb80bb-f0bf-4e93-a4b1-6474956edac9.ipynb', is selected. At the top of the main area, there are buttons for 'Download object' (highlighted in blue) and 'Delete object'. Below these, there are tabs for 'Overview' and 'Lifecycle'. Under 'Object details', it shows the file was last modified on 2023-03-18 at 5:44 PM, has an object size of 23.1 KB, is in the 'Standard' storage class, and has 0 tags. There's also a section for 'Access with Data Engine' which notes that no Data Engine instance is available.

94. Abre el archivo con un editor de texto, como lo es Visual Studio Code, allí podrás ver el código completo del modelo generado, incluyendo explicaciones del contenido de cada sección. Con esto damos por finalizada la creación y prueba del modelo de inteligencia artificial.

The screenshot shows the AutoAI Experiment Notebook interface in Watson Studio. The title bar says 'Experiment notebook'. The main content area is titled 'Experiment Notebook - AutoAI Notebook v1.18.3'. It contains sections for 'Notebook goals' and 'Contents'. The 'Notebook goals' section lists the learning goals of the notebook, including defining an AutoAI experiment, training AutoAI models, comparing trained models, deploying the model as a web service, and scoring the model to generate predictions. The 'Contents' section lists various parts of the notebook, such as Setup, Package installation, Watson Machine Learning connection, Experiment configuration, Experiment metadata, Working with completed AutoAI experiment, and Get fitted AutoAI optimizer. The bottom of the screen shows a navigation bar with icons for back, forward, search, and other functions.

III. REFERENCIAS

- 1) springboard.com
- 2) <https://www.kaggle.com/datasets/shivamb/machine-predictive-maintenance-classification?resource=download>
- 3) <https://www.ibm.com/docs/en/cloud-paks/cp-data/4.0?topic=autoai-tutorial>
- 4) <https://www.ibm.com/docs/en/cloud-paks/cp-data/4.6.x?topic=data-refining>
- 5) <https://dataplatform.cloud.ibm.com/docs/content/wsj/analyze-data/autoai-overview.html>