



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

Trabajo Terminal

**Ambiente de análisis de datos mediante Big Data
(Luminus)**

2018-A104

Que para cumplir con la opción de Titulación Curricular en la carrera de:
“Ingeniería en Sistemas Computacionales”

PRESENTAN:

**MONTEÓN VALDÉS RAÚL KEVIN
TOVAR BARBA MAYRA PATRICIA**

DIRECTORES:



BOTELLO CASTILLO ALEJANDRO

VÉLEZ SALDAÑA ULISES

México, D.F. a 05 de Noviembre de 2018

1. Capítulo 1	5
1.1. Introducción	5
1.2. Planteamiento del problema	5
1.2.1. Problemática	5
1.3. Propuesta de solución	6
1.4. Estado del arte	7
1.5. Justificación	8
1.6. Objetivos	9
1.6.1. General	9
1.6.2. Específicos	9
1.7. Arquitectura de la red distribuida	9
1.8. Alcances y Limitaciones	10
1.8.1. Limitaciones	10
1.8.2. Alcances	11
1.8.3. Prototipo 1	11
1.8.4. Prototipo 2	12
2. Marco teórico	13
2.1. Big Data	13
2.1.1. Las 3 Vs del Big Data	13
2.1.2. Casos de uso del Big Data	14
2.2. Minería de datos	14
2.3. Árboles de decisión	14
2.4. ID3 (Iterative Dichotomiser 3)	15
2.4.1. Entropía	16
2.4.2. Ejemplo de ejecución del algoritmo ID3	17
2.5. C4.5	21
2.5.1. Ejemplo de ejecución del algoritmo C4.5	22
2.6. Algoritmo KNN (K-Nearest Neighbors)	27
2.6.1. Ejemplo de ejecución del algoritmo KNN	27
2.7. Algoritmo K-Means	29
2.7.1. Ejemplo de ejecución del algoritmo K-Means	29
2.8. Redes Bayesianas	30
2.9. Ambiente de análisis de datos	31
2.10. Clúster	31
2.11. MapReduce	31
2.12. Hadoop	31

2.12.1. Características principales de Hadoop	31
2.12.2. Arquitectura de Hadoop	33
2.12.3. Arquitectura de un clúster Hadoop	34
2.12.4. Distribuciones Comerciales de Hadoop	34
2.13. Apache Spark	34
2.13.1. Características principales de Spark	35
2.13.2. Ventajas de usar Apache Spark	35
2.13.3. Componentes de Apache Spark	36
2.14. Interfaz Web	36
3. Evaluación y definición de requerimientos de la red distribuida	37
3.1. Descripción del prototipo	37
3.2. Análisis	37
3.2.1. Análisis de la red distribuida	37
3.2.2. Análisis de los datos	38
3.3. Diseño	39
3.3.1. Diseño de la red distribuida	39
3.3.2. Diseño de propuesta de agrupación de acuerdo a los nodos definidos en la red distribuida	40
3.4. Desarrollo	42
3.5. Pruebas	43
4. Integración de requerimientos de la red distribuida	47
4.1. Descripción del prototipo	47
4.2. Análisis	47
4.2.1. Análisis de la adaptación de los datos a la red distribuida	47
4.3. Diseño	47
4.3.1. Diseño de la red distribuida con nodos de datos	47
4.3.2. Diseño de pruebas de obtención de información	48
4.4. Desarrollo	50
4.4.1. Algoritmo de prueba	51
4.5. Pruebas	52
5. Instalador de Luminus	59
5.1. Descripción del prototipo	59
5.2. Análisis	59
5.3. Diseño	60
5.4. Desarrollo	61
5.5. Pruebas	61
6. Pruebas	65
6.1. Pruebas	65
7. Conclusiones	67
7.1. Conclusiones	67
8. Trabajo a futuro	69
8.1. Trabajo a futuro	69
8.1.1. Prototipo 3: Página web y algoritmos de minería de datos	69
8.1.2. Prototipo 4: Algoritmos de minería de datos desde una pagina web	69
8.1.3. Prototipo 5: Luminus	69
8.1.4. Propuesta de trabajo a futuro para contribuir a esta idea	70
9. Anexos	75
9.1. Anexo A: Código JAVA Map-Reduce	75
9.2. Anexo B: Código del instalador	77

1.1. Introduccion

En el siglo XXI, el Big Data ha sido un tema que ha dado mucho de qué hablar, su estudio ha ido en constante crecimiento así como ha servido de gran manera a empresas dedicadas a las tecnologías de la información a generar conocimiento a partir de cantidades masivas de datos que no tienen una estructura muy bien definida. El propio termino Big Data (Grandes Datos en español) lo hace entender, la cantidad de datos que se maneja es demasiado grande para ser siquiera almacenada o procesada de manera tradicional [1].

Big Data provee a quien lo usa conocimiento que de otra forma le habría sido imposible obtener, dicho conocimiento permite hacer análisis de los resultados para con ellos obtener ideas que conduzcan a mejores decisiones y movimientos de negocios estratégicos, por lo anterior, Big Data puede llegar a significar una herramienta de alto valor para las empresas que posean la cantidad de datos suficientes para aplicarlo.

1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad, el valor de los datos es muy importante para las empresas; cuando se hace un análisis correcto de la información histórica almacenada, se pueden hacer estadísticas de comportamiento e inclusive predicciones de eventos que vendrán en el futuro, las cuales ayudan a la toma de decisiones [2]. Conforme los datos crecen en el tiempo, también la complejidad en el procesamiento de estos datos aumenta. Una de las tendencias de años recientes, llamada Big Data, utiliza un esquema de cómputo distribuido para aprovechar la infraestructura de cómputo disponible en la empresa, y resuelve de manera cooperativa los problemas de análisis de datos [3].

Si esta tendencia es aplicada de manera efectiva, los datos que se generan, pueden significar que las empresas se muevan mucho más rápidamente, sin problemas y de manera mas eficiente. ya que son capaces de proporcionar respuestas a preguntas que de otra forma la empresa ni siquiera sabía de su existencia.

Con una cantidad tan grande de información, los datos pueden ser moldeados o probados de cualquier manera que la empresa considere adecuada. Al hacerlo, las organizaciones son capaces de identificar los problemas de una forma más comprensible [4].

1.2.1. Problemática

A pesar de todas las utilidades que ofrece hacer uso de Big Data a las empresas, también se tiene que considerar que su uso implica una gran inversión de recursos económicos, recursos humanos y tiempo.

Las curvas de aprendizaje de las tecnologías con que se hace uso de Big Data suelen ser pronunciadas, por lo que generalmente conlleva un tiempo amplio a quienes quieren aprender a usarlas. Además de que se requiere de una base de conocimiento en cuestión de bases de datos, sistemas operativos, programación, entre otras áreas.

En el ámbito económico, implementar un ambiente de Big Data suele tener un costo económico muy elevado, ya que normalmente se utilizan servidores dedicados. Tanto costo de los equipos mismos, como de su mantenimiento y el acondicionamiento del lugar donde se pondrán a funcionar, significa un costo elevado.

Por otro lado, considerando estas problemáticas, la implementación y puesta en marcha de un ambiente de Big Data también se puede complicar al momento incluir los datos que la empresa desea analizar. Las razones por las que esto comúnmente pasa, se explican a continuación:

- Datos de gran volumen.[4]
- Los datos cambian rápidamente por lo que su tiempo de validez es muy corto.[4]
- Debido a que los datos son muy volátiles para que se obtengan resultados valiosos al aplicar Big Data sobre ellos se requiere un poder de procesamiento alto.
- Es necesario discernir entre qué datos son importantes en el análisis y cuáles no lo son.[4]

1.3. Propuesta de solución

En este trabajo terminal se propone desarrollar un ambiente de Big Data que pueda adaptarse a diferentes casos de estudio o dicho en otras palabras, grupos de datos con diferentes características a analizar, incluyendo un archivo de configuración que permita realizar las adaptaciones correspondientes para cada uno de estos casos de estudio.

El ambiente de Big Data incluirá la aplicación de los siguientes algoritmos de minería de datos:

- Un algoritmo de reglas de asociación
- Un algoritmo de árboles de decisión

Así como la generación de conocimiento y resultados a partir de la aplicación de estos algoritmos.

Haciendo un análisis de los datos correspondientes al caso de estudio, se propondrá el algoritmo de minería de datos que se recomienda para el caso de estudio, sin embargo, se podrá aplicar el algoritmo que el usuario experto desee sin que este análisis lo limite.

Esta solución podrá implementarse en computadoras tradicionales, reduciendo así el costo económico de su implementación en gran medida, ya que se estaría eliminando la necesidad de comprar equipos especializados y ambientarlos.

Debido a que el ambiente de Big Data del que hablamos requiere hacer uso, de varias computadoras tradicionales y cada una de ellas requiere llevar a cabo un proceso de instalación y configuración para que este pueda funcionar. Se desarrollará un instalador que permita simplificar esta tarea realizando todo este proceso desde un solo nodo que será definido como nodo maestro.

La ejecución y puesta en marcha de los algoritmos de minería de datos se hará desde una plataforma web la cual será accedida por el usuario experto desde el navegador web de un ordenador únicamente conociendo la dirección IP asignada al nodo maestro.

1.4. Estado del arte

Actualmente en el mercado existen diferentes alternativas para los usuarios que busquen hacer uso de Big Data. Las alternativas encontradas, podrían dividirse en 2 tipos:

- Software que ya contiene algoritmos de minería de datos implementados.

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS	PRECIO EN EL MERCADO
Knime	<ul style="list-style-type: none"> -Diferentes maneras de presentar los datos como creación de modelos estadísticos y de minería de datos, como árboles de decisión, máquinas de vector soporte, regresiones, etc. -Aplicación de modelos creados con Knime sobre conjuntos nuevos de datos. -Creación de informes -Posible incorporación de nuevos módulos en lenguaje R o Python por el usuario final. <p>Tamaño de instalación: 1.98GB para la versión gratuita [5]</p>	<p>Gratuita (Menos funcionalidad)/ De costo Desde \$44,200 pesos al año por un usuario Hasta \$466,410 pesos al año por 5 usuarios</p>
SPSS Modeler IBM	<ul style="list-style-type: none"> -Posible incorporación de nuevos módulos en lenguaje R Python, Hadoop, Spark u otras tecnologías de código abierto por el usuario final. -Diferentes maneras de presentar los datos mediante la creación de modelos. -Acceso y Exportación de datos sin límite de tamaño. - Más de 30 algoritmos de minería de datos implementados -Ejecuta flujos de datos directamente hacia Spark o Hadoop -Soporte técnico <p>Tamaño de instalación: 1.4GB para la versión de prueba [6]</p>	<p>Gratuita (Prueba 30 días)/De costo Es necesario contactar directamente con IBM para obtener el precio de la herramienta personalizado para cada empresa</p>
Rapid Miner	<ul style="list-style-type: none"> -Cuenta con gráficos para visualización de información -Comparte reutiliza e implementa modelos predictivos -Ejecuta flujos de datos directamente hacia Hadoop -Presentación de datos desde diferentes representaciones gráficas en tiempo real incluso la creación de árboles de decisión [7] 	<p>Desde \$2500.00 pesos al año hasta \$10000.00 pesos al año</p>

- Software de administración de clústers.

SOFTWARE	CARACTERÍSTICAS	PRECIO EN EL MERCADO
Databricks	<ul style="list-style-type: none"> - Optimizado para lenguaje R. - Muy simple de operar. - Se enfoca en la usabilidad y en procesos intuitivos de navegación. [8] 	<ul style="list-style-type: none"> - Basic - \$0.07 USD por hora de uso de unidad de procesamiento. - Analytics - \$0.2 USD por hora de uso de unidad de procesamiento. [11]
Cloudera Manager	<ul style="list-style-type: none"> - Plataforma de administración de clústers. - Tiene su propia implementación de búsqueda y ambiente Hadoop con integración y API estándar (CDH). - Cuenta con una interfaz gráfica vía web que opera el stack completo de tecnologías de Big Data. [9] 	<ul style="list-style-type: none"> - Gratuita (Prueba de 60 días) - Essentials \$0.06 USD por hora de uso de unidad de procesamiento - Enterprise Data Hub \$0.87 USD por hora de uso de unidad de procesamiento. [12]
HortonWorks	<ul style="list-style-type: none"> - Completamente open-source. - Cuenta con un set completo de herramientas necesarias para un ambiente Hadoop. - Se puede lanzar en la nube o en una máquina virtual. - Gran extensibilidad debido a su naturaleza de código abierto. - Utiliza Ambari como interfaz de usuario. [10] 	Gratuito [13]

Podría decirse que *Luminus* es un híbrido entre las dos clasificaciones anteriormente citadas. Las principales características de *Luminus* son las siguientes:

- Trabaja con datos que se encuentra en distintos equipos de cómputo (Red distribuida).
- El usuario puede seleccionar el algoritmo de minería de datos a utilizar para su funcionamiento dentro de un listado de algoritmos disponibles.
- Es capaz de detectar cuando alguno de los nodos de datos es modificado antes de resolver un determinado problema.
- Los datos son extraídos directamente de los repositorios en tiempo real.
- Se trabaja con archivos JSON de los datos de entrada.

1.5. Justificación

El principal motivo de desarrollo de la presente propuesta es el de facilitar a las empresas u organizaciones la implementación de un ambiente de Big Data, dado que se trata de un proceso complicado, tardado y muy costoso. Cada uno de los factores mencionados anteriormente puede ser justificado de la siguiente manera: la complejidad de la implementación de Big Data se puede reducir mediante la preparación previa del software necesario para la infraestructura que tenga actualmente la empresa; de igual forma se pueden reducir los tiempos de implementación mediante la automatización de las configuraciones y pre procesamiento de datos; y finalmente los costos estarán de acuerdo a las computadoras disponibles (al menos 4) que puedan actuar como nodos de procesamiento y almacenamiento de datos que serán procesados.

Esta herramienta estaría dedicada a empresas u organizaciones que busquen implementar un ambiente de Big Data de una manera más rápida, sencilla, eficiente y a un menor costo [16]. Para que con su adecuado uso, cualquiera de estas entidades sea capaz de mejorar, ser más competitiva, y tener un mayor control sobre su propia información, ya que el conocimiento adquirido a partir de la aplicación de técnicas de minería de datos sobre grandes volúmenes de información estaría siendo de vital importancia para que dichas organizaciones planeen y ejecuten estrategias que les

permitan alcanzar sus objetivos [15].

Se ha hecho especial hincapié en el sector empresarial en esta sección, ya que, en general, podría decirse que pequeñas y medianas empresas son los principales clientes potenciales. Esto debido a que la mayoría cuenta con cierta infraestructura de datos y con bitácoras que contienen información sobre sus ingresos y egresos. Toda esa información será la materia prima que será utilizada por la herramienta para la generación de conocimiento.

Si bien, existen algunas implementaciones comerciales (las cuales ya se han mencionado en los apartados previos) que realizan la automatización de la implementación de Big Data, son realmente costosas en recursos de cómputo, y el licenciamiento tiene un costo elevado con relación a los usuarios y/o equipos a usar [17]. Algunas implementaciones están basadas en máquinas virtuales, que, si bien, automatizan todo el trabajo, de igual forma resultan costosas con relación al equipo necesario y dinero invertido [14]. Además, el costo de las herramientas comerciales más robustas puede llegar a los cientos de miles de pesos.

Para la realización de esta propuesta se requerirá dominio en el manejo de bases de datos relacionales y no relacionales; conocimiento de técnicas de minería de datos y su adecuada aplicación; manejo de herramientas y Frameworks dedicados al desarrollo de aplicaciones que se ejecuten de manera distribuida [18]; conocimiento en el ámbito de complejidades algorítmicas para así poder justificar la mejora en la eficiencia de esta herramienta con respecto a las otras ya existentes; manejo de distintos lenguajes de programación, debido a que el lenguaje que se utilizara para el desarrollo de la aplicación principal será distinto al lenguaje que se utilizara para la implementación de los algoritmos de minería de datos.

1.6. Objetivos

1.6.1. General

Desarrollar un software que permita realizar análisis de datos para la toma de decisiones, mediante la implementación de un ambiente de cómputo distribuido basado en Big Data, y aplicando técnicas de aprendizaje de máquina (machine learning), como reglas de asociación y árboles de decisión, a grandes volúmenes de datos.

1.6.2. Especificos

- Preparación del ambiente de software (instalación, configuración, validación del software del ambiente distribuido) para la implementación de Big Data
- Programación de las rutinas de análisis de datos; algoritmos de aprendizaje de máquina.
- Pruebas y verificación de funcionamiento
- Generación de resultados (reportes y visualizaciones) del análisis de datos.

1.7. Arquitectura de la red distribuida

El siguiente diagrama muestra la arquitectura prevista del sistema:

Con esta arquitectura será posible adaptar el ambiente de Big Data a diversos casos de estudio de las empresas, modificando únicamente archivos que serán destinados para la configuración de dichos casos de estudio.

Esto sin tener que modificar la arquitectura del sistema ni entender su funcionamiento interno. Será posible mantener muy bien separados los bloques de código que realizan cada actividad en el sistema para que en caso de algún fallo sea más fácil detectar en dónde está ocurriendo.

A continuación se explicarán cada uno de los bloques que conforman la arquitectura del sistema.

- **Salida de información:** Es el bloque que se encarga de presentar el resultado final al usuario experto, luego de aplicar los algoritmos de Big Data sobre ellos.
- **Aplicación de los algoritmos:** Es el modulo que permite aplicar los algoritmos de minería de datos sobre los nodos de datos/replica a los datos. además de aplicar la función reduce con los resultados en el nodo maestro. El funcionamiento de la función reduce se explica en la sección del documento 4.3.2 dentro del capítulo Integración de requerimientos de la red distribuida.

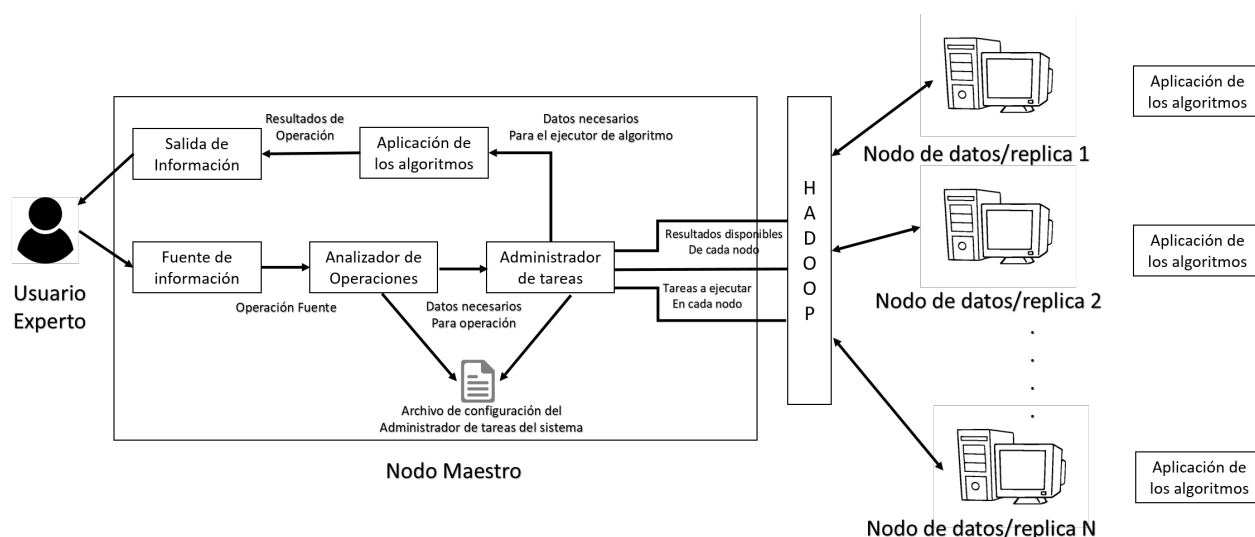


Figura 1.1: Arquitectura de la red distribuida

- **Fuente de información:** Es el modulo que recibe como dato de entrada el algoritmo de minería de datos a ejecutar del usuario conocida como operación fuente.
- **Analizador de operaciones:** Es el modulo encargado de revisar el caso de estudio en cuestión del usuario final para visualizar si es que se tienen que realizar ajustes en el **Archivo de configuración del recolector del sistema** además de revisar que todo se encuentre funcionando de manera adecuada y que sea posible ejecutar el algoritmo de minería de datos en este momento. Por otro lado también será el encargado de determinar la recomendación del algoritmo de minería de datos mas apropiado para cada caso de estudio.
- **Administrador de tareas:** es el encargado de administrar las tareas que llevará a cabo cada nodo de datos/replica así como también de recibir los resultados de las tareas que estos ejecuten de manera local en el nodo maestro.
- **Archivo de configuración del recolector del administrador de tareas :** Este archivo servirá para llevar a cabo el ajuste de los algoritmos de minería de datos a cada caso de estudio que quiera aplicar el usuario experto. sera necesario realizar algunos ajustes en el mismo para que los algoritmos puedan ser ejecutados de manera satisfactoria.

La arquitectura que se presenta por lo tanto, es una arquitectura del tipo maestro-esclavo, la cual es utilizada para el diseño de un cluster de Hadoop como se detalla en la sección **Hadoop** del marco teórico.

El cluster de Hadoop es el que se utiliza para ambientes distribuidos que hacen uso de Big Data dentro de su funcionamiento al igual que Luminus.

1.8. Alcances y Limitaciones

1.8.1. Limitaciones

A continuación se definirán los alcances y limitaciones que tiene este trabajo terminal.

Primeramente las limitaciones que se han detectado hasta ahora en cuanto a equipo de computo para poder ejecutar el ambiente de Big Data por parte del usuario experto:

- Se necesitan al menos 2 computadoras para poder tener un cluster distribuido, por lo que, a pesar de que las tecnologías pueden ejecutar en un solo nodo de trabajo, se perderían las ventajas que ofrece el computo distribuido.

- Es necesario que los equipos que se utilicen cuenten con el triple del espacio de almacenamiento del archivo completo correspondiente al caso de estudio cada uno en disco duro, para que además de permitir el almacenamiento de los datos, también sea posible tener espacio para trabajar con ellos.
- Equipos con 1GB de RAM o menos no tienen un funcionamiento apropiado con Apache Hadoop y su rendimiento es inconsistente por lo que, no se recomienda trabajar en equipos con estas características.

Por otro lado existen otro tipo de limitaciones que se presentan durante el desarrollo de este trabajo terminal:

- Solo se tendrán 2 algoritmos de minería de datos para ejecutar dentro del ambiente de Big Data, para un estudio más especializado sería conveniente incluir más algoritmos.
- Las pruebas y desarrollo sobre este trabajo terminal en equipos de cómputo tradicionales serán ejecutadas únicamente con 3 nodos de datos/replica, por lo que, para un mejor desempeño sería conveniente agregar más nodos de datos/replica al cluster.
- El archivo de datos proveniente del caso de estudio es de 21 GB, una empresa podría manejar archivos de mayor longitud, por lo que las pruebas realizadas podrían no ser significativas para la cantidad de datos que puedan manejar determinadas empresas.
- Las tablas de datos que conformen el caso de estudio que se suban a el repositorio, tendrán que subirse por separado y el manejo de los datos que se podrá ejecutar descartará las relaciones que existan entre las tablas y procesará cada tabla por separado.
- Es posible que no se puedan realizar pruebas o bien suficientes pruebas en equipos de cómputo especializados para realizar una comparativa del comportamiento que tiene Hadoop, bajo diferentes características computacionales.
- El instalador de Luminus tiene muchos casos de errores o casos especiales que no se considerarán y se dejarán a solución del usuario, cuando estos ocurran, ya que por cuestiones de tiempo es imposible englobarlos todos.

Las limitaciones mencionadas no son todas las que existen, solo se mencionan las más importantes de las que se han encontrado y se considera que tienen relevancia alta para este proyecto.

1.8.2. Alcances

Los alcances que se tienen para los prototipos 1 y 2 que son los prototipos que se desarrollaron en Trabajo Terminal 1 se enlistan a continuación, mientras que los alcances que se tienen para el resto de los prototipos se encuentran definidos en la sección **Trabajo a futuro**

1.8.3. Prototipo 1

El prototipo 1 tiene como productos esperados:

- Identificar y reconocer las características de los datos que conforman el caso de estudio así como analizar y definir las posibles agrupaciones que pueden ser generadas a partir de estos datos. Los resultados de este análisis a detalle se encuentran en la sección **Análisis de los datos** del capítulo 3.
- Establecer el número de nodos y características que tendrán los nodos que se agregarán a el cluster para realizar las pruebas del caso de estudio de manera distribuida.
Buscando que con el número de nodos que se defina se pueda soportar dicho caso de estudio y que además no escapen de las características de computación con las que se cuenta actualmente.
Los resultados obtenidos se pueden consultar en las secciones **Análisis de la red distribuida** y **Diseño de la red distribuida** del capítulo 3.
- Poner en funcionamiento el cluster con las características que fueron definidas para este en el punto anterior.
El desarrollo que implicó dicha tarea se presenta a detalle en la sección **Desarrollo** mientras que las pruebas que se hicieron para demostrar que este desarrollo es funcional se pueden consultar en la sección **Pruebas** ambas secciones se encuentran en el capítulo 3.

1.8.4. Prototipo 2

El prototipo 2 tiene como productos esperados:

- Cargar los datos que conforman el caso de estudio de prueba a el cluster en funcionamiento que se explica en la sección 1.8.3 en su tercer punto. Con lo cual los datos quedarían almacenados de forma distribuida en el cluster. Para conocer mas detalles de la carga de los datos que se realizo se puede consultar la sección Desarrollo en el capítulo 4.
- Una vez que los datos son cargados satisfactoriamente a el cluster será necesario comprobar que estos pueden funcionar de manera distribuida y son accesibles, para ello se aplica un algoritmo sencillo sobre los datos. Para conocer mas detalles acerca de esta prueba se puede consultar a partir de la sección Algoritmo de prueba en el capítulo 4.

En esta sección se presentan los conceptos que fundamentan este trabajo. Con el objetivo de dar al lector el conocimiento necesario para comprender los capítulos que integran la documentación de *luminus*.

En la actualidad, la necesidad de almacenamiento de datos crece a niveles exponenciales. Muchas empresas están optando por implementar algún sistema informático para llevar el almacenamiento y gestión de sus datos. Empresas grandes como Google, Facebook, Youtube y demás empresas que diariamente procesan y almacenan cantidades gigantescas de información, requieren usar técnicas un tanto específicas para poder realizar este procesamiento. Ya que al ser tan grande la cantidad de datos, técnicas convencionales serían de poca o nula utilidad para llevar a cabo esa tarea. Una forma de lograrlo se encuentra en un conjunto de técnicas conocidas como *Big Data*.

2.1. Big Data

Al ser el Big Data un concepto tan importante para este trabajo, se procederá a definirlo, ya que como se menciona en el **Capítulo 1**, *Luminus* realizará procesamiento de grandes cantidades de información.

El término Big Data se refiere a cantidades enormes de información, por ejemplo, la cantidad de información que se produce todos los días con el uso de una red social como Facebook, o la cantidad de datos que producen computadoras y dispositivos electrónicos que se auto monitorean mediante sensores. Esos volúmenes masivos de datos pueden ser utilizados para extraer conocimiento de ellos, y posteriormente atacar problemas que no sería posible resolver sin el Big Data.[21]

2.1.1. Las 3 Vs del Big Data

Al ser el Big Data un concepto emergente y relativamente nuevo, se han tenido ciertas dificultades para definirlo de manera uniforme. Debido a las dimensiones de todo lo que conlleva entender Big Data, resultó conveniente entre los estudiosos del tema definir y acentuar las magnitudes que lo definen. Estas magnitudes se conocen como las 3 Vs del Big Data.

1. **Volumen:** Con Big Data, se tendrán que procesar enormes volúmenes de información. Este punto es importante ya que el crecimiento de la necesidad de almacenamiento de datos en el mundo moderno, crece de forma exponencial.[21]
2. **Velocidad:** Usando Big Data, se abre la posibilidad de acceso y flujo de datos a velocidades que no se podrían conseguir de manera convencional.[21]

3. **Variedad:** Procesamiento de datos de naturaleza heterogénea, es decir, múltiples tipos de datos.[21]

2.1.2. Casos de uso del Big Data

- **Desarrollo de productos:** Compañías como Netflix y Procter & Gamble utilizan el Big Data para anticiparse a la demanda de los consumidores de sus productos. Utilizan modelos predictivos para sus nuevos productos clasificando atributos clave de sus anteriores productos modelando las relaciones entre esos atributos.[22]

- **Mantenimiento predictivo:** Se pueden predecir fallas mecánicas en maquinaria que de otra forma quedarían fácilmente ignoradas. Mejorando así ampliamente la calidad y el costo del mantenimiento de dichos equipos.[22]

- **Experiencia de usuario:** El uso de Big Data permite recopilar toda la información sobre el usuario y utilizarla a favor de su experiencia en un sitio o aplicación. Por ejemplo, sus búsquedas frecuentes, los sitios que visita, etc. Para de esta manera empezar a hacerle ofertas o anuncios personalizados, según sus intereses particulares.[22]

- **Machine Learning:** Actualmente el machine learning es un área de mucho auge, ya que permite entrenar a las computadoras mediante conjuntos de datos de entrenamiento en lugar de programarlas. El Big Data facilita esa tarea.[22]

2.2. Minería de datos

La minería de datos es el proceso de generar conocimiento a partir de un conjunto de información de gran tamaño. Para generar ese conocimiento se utilizan diferentes técnicas de análisis que detectan patrones y tendencias en la información que se está procesando. Si se intentara utilizar algún método de análisis tradicional, sería muy complicado o incluso imposible a veces encontrar patrones y tendencias útiles, ya que es muy probable que dentro de los datos existan relaciones muy complejas o simplemente la cantidad de datos sea demasiado grande.[23]

La minería de datos puede utilizarse en escenarios como los que se enuncian a continuación:

- **Pronóstico:** Predicción de datos y eventos que vendrán a futuro a partir del comportamiento de conjuntos de datos que se tienen en el presente. Por ejemplo, predicción de ventas y tendencias de compra.[24]

- **Riesgo y probabilidad:** Es un escenario muy común dentro de los negocios de Business Intelligence. Por ejemplo, se llega a utilizar para encontrar puntos de equilibrio probable para escenarios de riesgo. Elección de los mejores clientes para la distribución de correo directo, determinación del punto de equilibrio probable para los escenarios de riesgo, y asignación de probabilidades a diagnósticos y otros resultados.[24]

- **Recomendaciones:** Muy utilizado en sistemas como MercadoLibre o Amazon, en módulos que toman la información de búsqueda de cada usuario, la procesan y le arrojan recomendaciones de productos o servicios.[24]

- **Búsqueda de secuencias:** Al igual que el escenario de **recomendaciones**, se utiliza mucho en sistemas de venta de artículos por internet. Se analiza el orden de los artículos que se meten a un carrito de compra para poder hacer predicciones útiles y generar conocimiento.[24]

- **Agrupación:** Clasificación de los elementos de un conjunto de información para el posterior análisis de sus afinidades.[24]

2.3. Árboles de decisión

Una de las técnicas de análisis que *Luminus* utilizará para generar conocimiento es el uso de **árboles de decisión**. Un árbol de decisión es un modelo de predicción que apoya al proceso de toma de decisiones. Esta herramienta tiene un campo de aplicación extremadamente amplio, pudiendo ir desde el área de finanzas hasta el área del aprendizaje de máquina. A partir de un conjunto de datos de entrada, se construyen los caminos, dentro del árbol, que llevarán a cada una de las decisiones posibles.[25]

Los árboles de decisión están formados por los siguientes elementos:

1. **Nodos:** Un nodo es un punto del proceso en el que de acuerdo a ciertas condiciones o decisiones se redefine el rumbo del camino. Existen dos tipos de nodo[26]:
 - 1.1. **Nodo de decisión:** Es un nodo en el cual se toma una decisión consciente de acuerdo a las necesidades del problema en cuestión. Estos nodos se representan con un cuadrado.
 - 1.2. **Nodo de incertidumbre:** Es un nodo en el que actúan las probabilidades y la heurística para definir el rumbo que tomará el camino que se hará dentro del árbol. Estos nodos se representan con un círculo
2. **Ramas:** Una rama es una de las respuestas o acciones que se toman a partir de la pregunta o escenario que se presentó en un nodo del cual salió esa rama. Una rama es el camino a otro nodo o escenario resultado de la decisión o evento que definió la rama. Este elemento se representa con una línea[26].
3. **Hojas:** Son escenarios finales, ya clasificados. No tienen ramificaciones, y son el resultado final de seguir un camino de decisiones, acciones y probabilidades. Este elemento se representa con un triángulo[26].

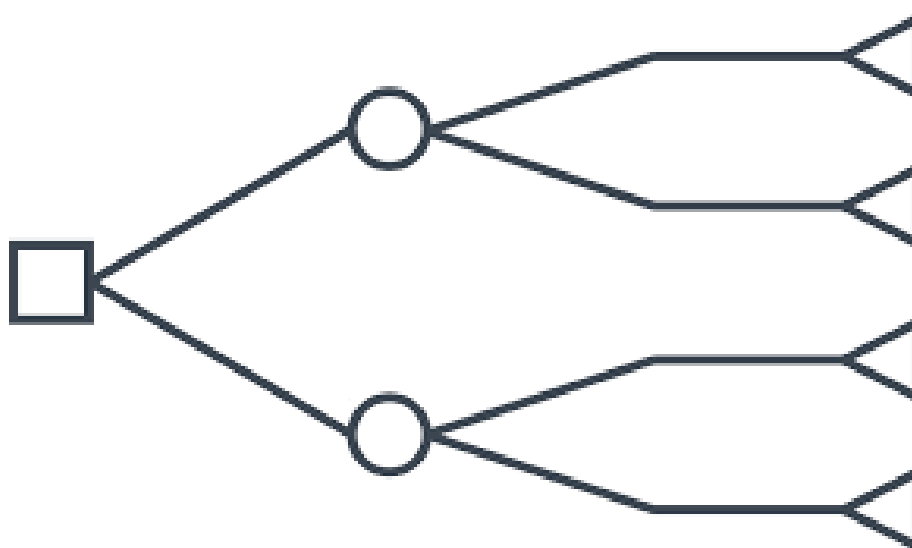


Figura 2.1: Representación general de un árbol de decisión

A continuación se presentan los algoritmos que usan árboles de decisión que tendrá implementados *Luminus* para realizar el análisis de datos.

2.4. ID3 (Iterative Dichotomiser 3)

El algoritmo ID3 es uno de los algoritmos que utilizan árboles de decisión más populares. ID3 genera un árbol a partir de un conjunto de datos llamado **tabla de inducción**. Es útil para hacer toma de decisiones en escenarios binarios, es decir, que tienen 2 posibilidades finales.[27]

Es importante mencionar este algoritmo, no precisamente porque vaya a ser implementado dentro de *Luminus*, sino porque es el precursor de otro algoritmo conocido como C4.5. Que es un algoritmo que apoya a la toma de decisiones, más avanzado y completo. Sin embargo, por el momento aún no está bien definido cuál de los dos algoritmos estará implementado en *Luminus*.

El resultado de la ejecución de este algoritmo puede expresarse como un conjunto de reglas **si-entonces**.

2.4.1. Entropía

La entropía es la medida de la aleatoriedad. En otras palabras, la medida de la impredecibilidad. La entropía es más alta cuando todos los eventos posibles en un escenario son igualmente probables, por ejemplo, al tirar una moneda al aire, se tiene 50 % de probabilidad de que caiga cara y 50 % de probabilidad de que caiga cruz, por lo que la entropía es de 1. Este parámetro comienza a decrecer cuando hay una probabilidad o probabilidades que parezcan aplastantes sobre las otras. Las fórmulas para calcular la entropía y la ganancia son las siguientes:

$$\text{Entropia}(S) = \sum_{i=1}^n -p_i \log_2 p_i$$

Figura 2.2: Fórmula para calcular la entropía.

$$\text{Gan Inf}(S, A) = \text{Entropia}(S) - \sum_{v \in V(A)} \frac{|Sv|}{|S|} \text{Entropia}(Sv)$$

Figura 2.3: Fórmula para calcular la ganancia.

2.4.2. Ejemplo de ejecución del algoritmo ID3

Para ilustrar el funcionamiento del algoritmo ID3, utilizaremos la siguiente tabla de inducción que contiene información sobre factores que influyen al tomar la decisión de si un partido de tenis debería o no debería jugarse:

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
1	Soleado	Caluroso	Alta	Ligero	No
2	Soleado	Caluroso	Alta	Fuerte	No
3	Nublado	Caluroso	Alta	Ligero	Sí
4	Lluvioso	Templado	Alta	Ligero	Sí
5	Lluvioso	Fresco	Normal	Ligero	Sí
6	Lluvioso	Fresco	Normal	Fuerte	No
7	Nublado	Fresco	Normal	Fuerte	Sí
8	Soleado	Templado	Alta	Ligero	No
9	Soleado	Fresco	Normal	Ligero	Sí
10	Lluvioso	Templado	Normal	Ligero	Sí
11	Soleado	Templado	Normal	Fuerte	Sí
12	Nublado	Templado	Alta	Fuerte	Sí
13	Nublado	Caluroso	Normal	Ligero	Sí
14	Lluvioso	Templado	Alta	Fuerte	No

Tabla 2.1: Tabla de inducción para juegos de tenis ID3.

Necesitaremos de la 2.2 fórmula para calcular la entropía y de la 2.3 fórmula para calcular la ganancia para poder proceder con la ejecución del algoritmo.

- Primeramente se calcula la entropía. La columna de **Decisión** consta de 14 instancias e incluye dos posibles valores: **sí** y **no**. Hay 9 decisiones con la etiqueta **sí** y 5 con la etiqueta **no**. Utilizando la fórmula de la entropía, se encuentra que el resultado es de 0.940.

- Después de los 5 factores disponibles, se busca el factor más dominante para tomar la decisión. Utilizando la fórmula de la ganancia tomando como parámetros la entropía de la columna **Decisión** y **Viento**.

- El atributo de viento tiene dos posibles valores: **fuerte** y **ligero**. Y al reflejar estos dos posibles valores en la fórmula, ésta se vería más o menos así: $Ganancia(Decisión, Viento) = Entropía(Decisión) - [p(Decisión, Viento = Ligero) * Entropía(Decisión, Viento = Ligero)] - [p(Decisión, Viento = Fuerte) * Entropía(Decisión, Viento = Fuerte)]$.

- Ahora se calcula $(Decisión, Viento = Ligero)$ y $(Decisión, Viento = Fuerte)$ respectivamente.

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
1	Soleado	Caluroso	Alta	Ligero	No
3	Nublado	Caluroso	Alta	Ligero	Sí
4	Lluvioso	Templado	Alta	Ligero	Sí
5	Lluvioso	Fresco	Normal	Ligero	Sí
8	Soleado	Templado	Alta	Ligero	No
9	Soleado	Fresco	Normal	Ligero	Sí
10	Lluvioso	Templado	Normal	Ligero	Sí
13	Nublado	Caluroso	Normal	Ligero	Sí

Tabla 2.2: Tabla de para el factor de decisión *Viento Ligero*.

Dentro de la tabla de viento ligero hay 8 instancias en total, de las cuales 2 tienen la decisión final **no** y 6 tienen la decisión final **sí**. Al introducir estos datos en la 2.2 fórmula de la entropía, y obtenemos una entropía de 0.811.

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
2	Soleado	Caluroso	Alta	Fuerte	No
6	Lluvioso	Fresco	Normal	Fuerte	No
7	Nublado	Fresco	Normal	Fuerte	Sí
11	Soleado	Templado	Normal	Fuerte	Sí
12	Nublado	Templado	Alta	Fuerte	Sí
14	Lluvioso	Templado	Alta	Fuerte	No

Tabla 2.3: Tabla de para el factor de decisión *Viento Fuerte*.

En la tabla de viento fuerte encontramos 6 instancias divididas en 2 partes iguales: 3 tienen la decisión final **sí** y 3 tienen la decisión final **no**. Al sustituir estos datos en la [2.2 fórmula de la entropía](#), obtenemos una entropía de 1.

- Ahora que tenemos esos dos valores, podemos volver a la ecuación de la ganancia. El resultado queda expresado como $Ganancia(Decisión, Viento) = 0.940 - [(8/14) * 0.811] - [(6/14) * 1] = 0.048$.

- En este punto se ha concluido ya el cálculo para el factor de decisión *Viento*. Ahora se necesita hacer lo mismo para todas las demas columnas/factores.

- A modo de resumen:

- $Ganancia(Decisión, Aspecto) = 0.246$
- $Ganancia(Decisión, Temperatura) = 0.029$
- $Ganancia(Decisión, Humedad) = 0.151$

- Como podemos ver, el factor de decisión *Aspecto* es el que produce el valor de ganancia más alto. Por tal motivo, ese factor de decisión será el nodo raíz del árbol de decisión.

- Ahora debemos probar todos los valores posibles que tiene el factor de decisión *Aspecto*:

- Aspecto Nublado

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
3	Nublado	Caluroso	Alta	Ligero	Sí
7	Nublado	Fresco	Normal	Fuerte	Sí
12	Nublado	Templado	Alta	Fuerte	Sí
13	Nublado	Caluroso	Normal	Ligero	Sí

Tabla 2.4: Tabla de días con aspecto *nublado*.

Podemos observar que siempre que el aspecto del día sea **nublado**, la decisión final sería **sí**.

- Aspecto Soleado

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
1	Soleado	Caluroso	Alta	Ligero	No
2	Soleado	Caluroso	Alta	Fuerte	No
8	Soleado	Templado	Alta	Ligero	No
9	Soleado	Fresco	Normal	Ligero	Sí
11	Soleado	Templado	Normal	Fuerte	Sí

Tabla 2.5: Tabla días con aspecto *soleado*.

En esta tabla tenemos 5 instancias para el aspecto **soleado**. Hay 3 de esas instancias que tienen como decisión final **sí** y 2 que tienen **no**. Por lo que los valores de ganancia del factor de decisión **Aspecto Soleado** con respecto a todos los demás factores de decisión quedarán de la siguiente manera:

1. $Ganancia(\text{Aspecto} = \text{Soleado}, \text{Temperatura}) = 0.570$
2. $Ganancia(\text{Aspecto} = \text{Soleado}, \text{Humedad}) = 0.970$
3. $Ganancia(\text{Aspecto} = \text{Soleado}, \text{Viento}) = 0.019$

En este punto, la humedad es el factor de decisión con mayor ganancia cuando el aspecto del día es soleado. Por lo que debemos probar todos los valores posibles para el factor de decisión *humedad*.

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
1	Soleado	Caluroso	Alta	Ligero	No
2	Soleado	Caluroso	Alta	Fuerte	No
8	Soleado	Templado	Alta	Ligero	No

Tabla 2.6: Tabla días con aspecto *soleado* y humedad *alta*.

La decisión siempre será **no** cuando la humedad sea **alta**.

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
9	Soleado	Fresco	Normal	Ligero	Sí
11	Soleado	Templado	Normal	Fuerte	Sí

Tabla 2.7: Tabla días con aspecto *soleado* y humedad *normal*.

Por otro lado, la decisión siempre será **sí** cuando la humedad es **normal**.

De lo anterior concluimos que deberemos verificar la humedad y decidir si el aspecto del día es **soleado**.

- Aspecto Lluvioso

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
4	Lluvioso	Templado	Alta	Ligero	Sí
5	Lluvioso	Fresco	Normal	Ligero	Sí
6	Lluvioso	Fresco	Normal	Fuerte	No
10	Lluvioso	Templado	Normal	Ligero	Sí
14	Lluvioso	Templado	Alta	Fuerte	No

Tabla 2.8: Tabla de días con aspecto *lluvioso*.

Al evaluar los valores de ganancia de los días con aspecto **lluvioso** con respecto a los demás factores de decisión, se encuentra que el factor que genera una mayor ganancia es el viento. Por lo cual se tienen que checar todos los posibles valores de ese factor de decisión.

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
4	Lluvioso	Templado	Alta	Ligero	Sí
5	Lluvioso	Fresco	Normal	Ligero	Sí
10	Lluvioso	Templado	Normal	Ligero	Sí

Tabla 2.9: Tabla de días con aspecto *lluvioso* y con viento *ligero*.

De la tabla de aspecto **lluvioso** y viento **ligero** podemos deducir que siempre que existan estas dos condiciones al mismo tiempo, la decisión final será **sí**.

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
6	Lluvioso	Fresco	Normal	Fuerte	No
14	Lluvioso	Templado	Alta	Fuerte	No

Tabla 2.10: Tabla de días con aspecto *lluvioso*.

De la tabla de aspecto **lluvioso** y viento **fuerte** podemos deducir que siempre que existan estas dos condiciones al mismo tiempo, la decisión final será **no**.

- Finalmente la construcción de este árbol de decisión es la siguiente:

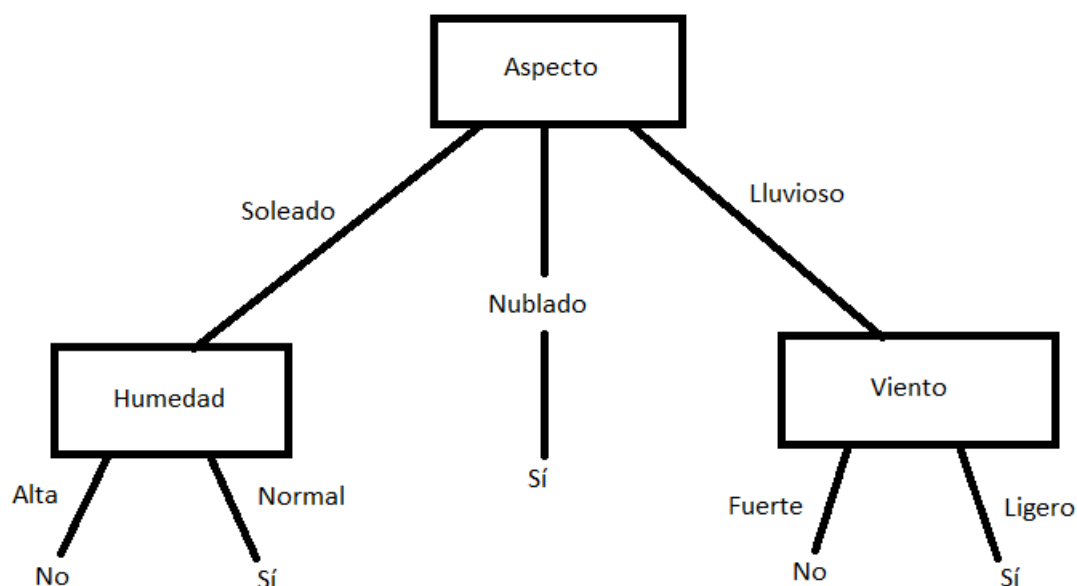


Figura 2.4: Árbol de decisión resultante.

2.5. C4.5

El algoritmo C4.5 es la evolución del algoritmo ID3. Éste genera un árbol de decisión a partir de un conjunto de datos de entrada de manera recursiva, al igual que su precursor[28]. Sin embargo, aunque ID3 y C4.5 son algoritmos muy semejantes, existen ciertas diferencias:

- C4.5 permite trabajar con valores continuos, mientras que ID3 solamente trabaja con valores discretos.
- Los árboles de C4.5 son más compactos, y esto se debe a que cada nodo hoja engloba un conjunto de clases y no una sola clase particular.
- C4.5 es más eficiente computacionalmente hablando.
- C4.5 utiliza un nuevo parámetro llamado **Gain Ratio**, en lugar de la ganancia simple. Y este a su vez requiere de la ganancia y de otro parámetro nuevo llamado **SplitInfo** cuyas fórmulas se enuncian a continuación[28]:

$$GainRatio(A) = \frac{Gain(A)}{SplitInfo(A)}$$

Figura 2.5: Fórmula para obtener el Gain Ratio

$$SplitInfo_A(D) = -\sum_{j=1}^v \frac{|D_j|}{|D|} \times \log_2\left(\frac{|D_j|}{|D|}\right)$$

Figura 2.6: Fórmula para obtener SplitInfo

2.5.1. Ejemplo de ejecución del algoritmo C4.5

Para mostrar la forma en la que se ejecuta el algoritmo C4.5 y los pasos que se deben llevar a cabo, se utilizará la siguiente tabla de inducción:

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
1	Soleado	85	85	Ligero	No
2	Soleado	80	90	Fuerte	No
3	Nublado	83	78	Ligero	Sí
4	Lluvioso	70	96	Ligero	Sí
5	Lluvioso	68	80	Ligero	Sí
6	Lluvioso	65	70	Fuerte	No
7	Nublado	64	65	Fuerte	Sí
8	Soleado	72	95	Ligero	No
9	Soleado	69	70	Ligero	Sí
10	Lluvioso	75	80	Ligero	Sí
11	Soleado	75	70	Fuerte	Sí
12	Nublado	72	90	Fuerte	Sí
13	Nublado	81	75	Ligero	Sí
14	Lluvioso	80	80	Fuerte	No

Tabla 2.11: Tabla de inducción para juegos de tenis C4.5.

- Al igual que con el ejemplo **Ejemplo de ejecución del algoritmo ID3**, lo primero que se hace es calcular la entropía general. Hay 15 instancias de las cuales 9 tienen una decisión final de **sí** y 5 tienen **no**. Al sustituir los valores correspondientes en la **2.2 fórmula para calcular la entropía** el resultado que obtenemos es *0.940*.

- En C4.5 se utilizan **Gain Ratios** (ratos de ganancia), mientras que en ID3 se utilizan ganancias.
- Empezaremos por analizar el atributo de **Viento**.

Se tienen 8 instancias de *viento ligero*, dos de ellas concluyen en un **no**, y las otras 6 concluyen en **sí** por lo que:

1. Entropía(Decisión, Viento = Ligero) = 0.811

2. $\text{Entropía}(\text{Decisión}, \text{Viento} = \text{Fuerte}) = 1$

3. $\text{Ganancia}(\text{Decisión}, \text{Viento}) = 0.049$

Existen 6 instancias de viento fuerte por lo que:

1. $\text{SplitInfo}(\text{Decisión}, \text{Viento}) = 0.985$

2. $\text{GainRatio}(\text{Decisión}, \text{Viento}) = \text{Gain}(\text{Decisión}, \text{Viento}) / \text{SplitInfo}(\text{Decisión}, \text{Viento}) = 0.049$

- Continuamos analizando ahora el atributo **Aspecto**.

Se tienen 5 instancias para el aspecto *soleado*, de las cuales 3 concluyen en **no** y las otras 2 concluyen en **sí**. Calculando sus valores de entropías, ganancia, SplitInfo y GainRatio:

1. $\text{Entropía}(\text{Decisión}, \text{Aspecto} = \text{Soleado}) = 0.970$

2. $\text{Entropía}(\text{Decisión}, \text{Aspecto} = \text{Nublado}) = 0$

3. $\text{Entropía}(\text{Decisión}, \text{Aspecto} = \text{Lluvioso}) = 0.970$

4. $\text{Ganancia}(\text{Decisión}, \text{Aspecto}) = 0.246$

Hay 5 instancias para *soleado*, 4 instancias para *nublado* y 5 para *lluvioso*, por lo que:

5. $\text{SplitInfo}(\text{Decisión}, \text{Aspecto}) = 1.577$

6. $\text{GainRatio}(\text{Decisión}, \text{Aspecto}) = 0.155$

- Procedemos a analizar el atributo de humedad. Cuyo caso es diferente al de los demás atributos, ya que este es un atributo continuo. Necesitamos convertir valores continuos a valores nominales (como todos los demás atributos). C4.5 propone hacer una división binaria a partir de algún valor que podamos tomar como umbral. El umbral debe ser el valor que mayor ganancia ofrezca para ese atributo. Para esto, primero se deben ordenar las instancias de humedad de menor a mayor.

Día	Humedad	Decisión
7	65	Sí
6	70	No
9	70	Sí
11	70	Sí
13	75	Sí
3	78	Sí
5	80	Sí
10	80	Sí
14	80	No
1	85	No
2	90	No
12	90	Sí
8	95	No
4	96	Sí

Tabla 2.12: Tabla de l atributo *humedad* ordenada de menor a mayor.

Ahora debemos recorrer todos los valores de humedad y separar el conjunto de datos en dos partes. Se calcularán la **Ganancia** y el **GainRatio** y el valor que maximice la ganancia será el umbral.

1. Se propone 65 como umbral.

- 1.1. Entropía(Decisión, Humedad ≤ 65) = 0
- 1.2. Entropía(Decisión, Humedad > 65) = 0.961
- 1.3. Ganancia(Decisión, Humedad $<> 65$) = 0.048
- 1.4. SplitInfo(Decisión, Humedad $<> 65$) = 0.371
- 1.5. GainRatio(Decisión, Humedad $<> 65$) = 0.126

2. Se propone 70 como umbral.

- 2.1. Entropía(Decisión, Humedad ≤ 70) = 0.811
- 2.2. Entropía(Decisión, Humedad > 70) = 0.970
- 2.3. Ganancia(Decisión, Humedad $<> 70$) = 0.014
- 2.4. SplitInfo(Decisión, Humedad $<> 70$) = 0.863
- 2.5. GainRatio(Decisión, Humedad $<> 70$) = 0.016

3. Se propone 75 como umbral.

- 3.1. Entropía(Decisión, Humedad ≤ 75) = 0.721
- 3.2. Entropía(Decisión, Humedad > 75) = 0.991
- 3.3. Ganancia(Decisión, Humedad $<> 75$) = 0.045
- 3.4. SplitInfo(Decisión, Humedad $<> 75$) = 0.940
- 3.5. GainRatio(Decisión, Humedad $<> 75$) = 0.047

4. Se continúa haciendo lo mismo para cada valor nuevo de humedad que se vaya encontrando en la tabla. Resumiendo:

5. Ganancia(Decisión, Humedad $<> 78$) = 0.090

6. Ganancia(Decisión, Humedad ≤ 80) = 0.107

7. Ganancia(Decisión, Humedad ≤ 85) = 0.027

8. Ganancia(Decisión, Humedad ≤ 90) = 0.016

• Como podemos ver, el valor que maximiza la ganancia es el de 80. Lo que significa que ahora se debe comparar los otros valores nominales con el valor 80 del atributo *humedad* para crear una rama en nuestro árbol. De esta forma podemos resumir los resultados en la siguiente tabla:

Atributo	Ganancia	GainRatio
Viento	0.049	0.049
Aspecto	0.246	0.155
Humedad ≤ 80	0.101	0.107

Tabla 2.13: Comparación de las ganancias entre atributos.

• Al igual que en el ejemplo del algoritmo ID3, el atributo **aspecto** es el nodo raíz del árbol de decisión, por lo que ahora se deben analizar todos los posibles valores que puede adquirir dicho atributo.

• Aspecto Soleado.

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
1	Soleado	85	85	Ligero	No
2	Soleado	80	90	Fuerte	No
8	Soleado	72	95	Ligero	No
9	Soleado	69	70	Ligero	Sí
11	Soleado	75	70	Fuerte	Sí

Tabla 2.14: Tabla de inducción para el atributo *Aspecto* con el valor *Soleado*.

Ya hemos dividido la humedad a partir de su punto de umbral que es 80. Podemos observar en la siguiente tabla que la decisión final será **no**, si la humedad es mayor a 80 y el aspecto del día es soleado. La decisión final será **sí**, si la humedad es menor o igual a 80 para un día soleado.

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
3	Nublado	83	78	Ligero	Sí
7	Nublado	64	65	Fuerte	Sí
12	Nublado	72	90	Fuerte	Sí
13	Nublado	81	75	Ligero	Sí

Tabla 2.15: Tabla de inducción para el atributo *Aspecto* con el valor *Nublado*.

Cuando el aspecto del día es **nublado**, no importa ninguna otra condición; ni temperatura, ni humedad. La decisión final siempre será **sí**.

Día	Aspecto	Temperatura	Humedad	Viento	Decisión
4	Lluvioso	70	96	Ligero	Sí
5	Lluvioso	68	80	Ligero	Sí
6	Lluvioso	65	70	Fuerte	No
10	Lluvioso	75	80	Ligero	Sí
14	Lluvioso	80	80	Fuerte	No

Tabla 2.16: Tabla de inducción para el atributo *Aspecto* con el valor *Lluvioso*.

Cuando el aspecto es **lluvioso**, la decisión será **sí** cuando el viento es ligero, y será **no** cuando sea fuerte.

- De todo lo anterior se concluye un árbol de decisión con la siguiente estructura:

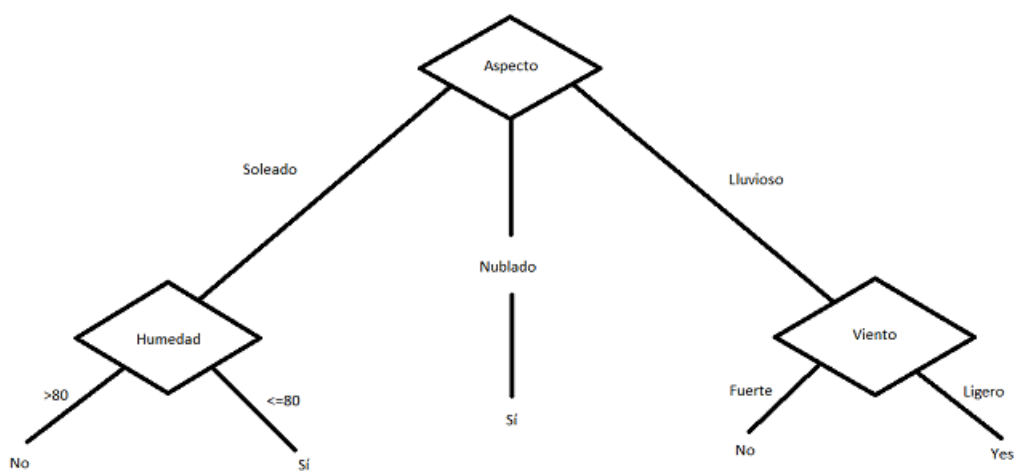


Figura 2.7: Árbol de decisión construido con C4.5.

2.6. Algoritmo KNN (K-Nearest Neighbors)

El algoritmo KNN es un algoritmo de aprendizaje no supervisado en el que se busca clasificar un punto en una categoría con la ayuda de un conjunto de entrenamiento [?]. Las siglas **KNN** en inglés hacen alusión a **K-Nearest Neighbors**, que significa K vecinos más cercanos. Este algoritmo calcula distancias euclidianas entre valores que son tomados como puntos. **KNN** estará implementado en *Luminus*, ya que para el caso de estudio que se presentará, será necesario conocer cuáles son las tiendas más cercanas a la ubicación desde donde se esté utilizando el sistema.

Los pasos que sigue el algoritmo KNN se enumeran a continuación:

1. Se calcula la similitud entre puntos basándose en una función de distancia.
2. Se encuentran los K vecinos más cercanos.

2.6.1. Ejemplo de ejecución del algoritmo KNN

Con base en la siguiente información que relaciona el peso, la altura y la talla de playera de personas, se hará la ejecución del algoritmo KNN.

Altura (cm)	Peso (kg)	Talla
158	58	M
158	59	M
158	63	M
160	59	M
160	60	M
163	60	M
163	61	M
160	64	L
163	64	L
165	61	L
165	62	L
165	65	L
168	62	L
168	63	L
168	66	L
170	63	L
170	64	L
170	68	L

Tabla 2.17: Conjunto de entrenamiento para el algoritmo KNN.

Nuevo dato: Altura = 161 cm, Peso = 61 kg

- Se calcula la distancia Euclidiana entre el dato de entrada y cada uno de los datos del conjunto de entrenamiento, utilizando la siguiente fórmula.

$$d_E(P, Q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}.$$

Figura 2.8: Fórmula para calcular la distancia Euclidiana.

Obtenemos lo siguiente:

Altura (cm)	Peso (kg)	Talla	Distancia
158	58	M	4.2
158	59	M	3.6
158	63	M	3.6
160	59	M	2.2
160	60	M	1.4
163	60	M	2.2
163	61	M	2.0
160	64	L	3.2
163	64	L	3.6
165	61	L	4.0
165	62	L	4.1
165	65	L	5.7
168	62	L	7.1
168	63	L	7.3
168	66	L	8.6
170	63	L	9.2
170	64	L	9.5
170	68	L	11.4

Tabla 2.18: Tabla del conjunto de entrenamiento con la columna **Distancia** ya calculada.

- Se toma la distancia más pequeña para determinar al vecino más cercano de entre todas las distancias Euclidianas calculadas previamente. Esta distancia es **1.4**.
- Se define K como el número de vecinos más cercanos que queramos conocer. Para este caso definiremos K igual a 5. Por lo que se tomarán los 5 valores más pequeños.

Altura (cm)	Peso (kg)	Talla	Distancia
160	60	M	1.4
163	61	M	2.0
163	60	M	2.2
160	59	M	2.2
160	64	L	3.2

Tabla 2.19: Instancias de la tabla con menor distancia al nuevo dato.

2.7. Algoritmo K-Means

El algoritmo K-Means es un algoritmo de agrupamiento que utiliza aprendizaje no supervisado, el cual es utilizado cuando se tienen datos no etiquetados, es decir sin categorías o grupos definidos. El objetivo de este algoritmo es encontrar grupos en los datos, con el número de grupos se representa la variable K [30]. Es importante definir este algoritmo y su funcionamiento dentro del marco teórico, ya que es uno de los candidatos a ser implementados dentro de *Luminus*.

El algoritmo arrojará como resultado final lo siguiente:

1. Los centroides de los K grupos.
2. Etiquetas para los datos de entrenamiento. Cada dato es asignado a un solo grupo.

2.7.1. Ejemplo de ejecución del algoritmo K-Means

Para ilustrar el funcionamiento del algoritmo K-means, se utilizará el siguiente conjunto de entrenamiento correspondiente a la puntuación de 7 individuos en 2 pruebas:

Individuo	Prueba 1	Prueba 2
1	1.0	1.0
2	1.5	2.0
3	3.0	4.0
4	5.0	7.0
5	3.5	5.0
6	4.5	5.0
7	3.5	4.5

Tabla 2.20: Conjunto de entrenamiento para el algoritmo K-Means.

- El conjunto de datos se agrupa en dos grupos distintos. Para esto, se toman los valores de la *Prueba 1* y *Prueba 2* de los individuos que tengan estos valores más lejanos, es decir:

Grupo	Individuo	Vector (Centroide)
Grupo 1	1	(1.0, 1.0)
Grupo 2	4	(5.0, 7.0)

Tabla 2.21: Partición inicial.

- Los individuos restantes ahora son examinados secuencialmente y son ubicados en el grupo al que son más cercanos en términos de distancia Euclidiana. El vector es recalculado cada que un nuevo miembro es agregado.

Iteración	Individuo	Vector (Centroide)
1	1	(1.0, 1.0)
2	1, 2	(1.2, 1.5)
3	1, 2, 3	(1.8, 2.3)
4	1, 2, 3	(1.8, 2.3)
5	1, 2, 3	(1.8, 2.3)
6	1, 2, 3	(1.8, 2.3)

Tabla 2.22: Tabla de individuos agregados secuencialmente al **Grupo 1**.

Iteración	Individuo	Vector (Centroide)
1	4	(5.0, 7.0)
2	4	(5.0, 7.0)
3	4	(5.0, 7.0)
4	4, 5	(4.2, 6.0)
5	4, 5, 6	(4.3, 5.7)
6	4, 5, 6, 7	(4.1, 5.4)

Tabla 2.23: Tabla de individuos agregados secuencialmente al **Grupo 2**.

- Ahora la partición inicial ha cambiado, y los dos grupos tienen las siguientes características:

Grupo	Individuo	Vector (Centroide)
Grupo 1	1, 2, 3	(1.8, 2.3)
Grupo 2	4, 5, 6, 7	(4.1, 5.4)

Tabla 2.24: Partición inicial modificada.

- Sin embargo, no podemos asegurarnos de que esas son las clasificaciones correctas para cada dato. Así que comparamos la distancia de cada individuo a su propio grupo y al grupo opuesto:

Individuo	Distancia al Grupo 1	Distancia al Grupo 2
1	1.5	5.4
2	0.4	4.3
3	2.1	1.8
4	5.7	1.8
5	3.2	0.7
6	3.8	0.6
7	2.8	1.1

Tabla 2.25: Cálculo de distancia de cada dato a su grupo y al opuesto.

- Solamente el individuo 3 está más cerca al centroide del grupo opuesto (Grupo 2) que de su propio grupo (Grupo 1). Por lo que el individuo 3 se reubica en el Grupo 2. Resultando la siguiente partición:

Grupo	Individuo	Vector (Centroide)
Grupo 1	1, 2	(1.8, 1.5)
Grupo 2	3, 4, 5, 6, 7	(3.9, 5.1)

Tabla 2.26: Partición final.

- Las iteraciones continuarían hasta que ya no haya más reubicaciones.
- Es probable que el algoritmo no encuentre una solución final.

2.8. Redes Bayesianas

Otro concepto que es importante definir es el de las redes Bayesianas, ya que se pretende que *Luminus* pueda hacer uso de esta técnica para generar conocimiento para el usuario.

Las redes Bayesianas son un tipo de modelo probabilístico gráfico que usa inferencias Bayesianas para el cómputo de probabilidades. Las redes Bayesianas pretenden modelar dependencia condicional representando esta dependencia mediante un grafo dirigido. A través de esas relaciones, se puede conducir eficientemente la inferencia de variables aleatorias.[37]

2.9. Ambiente de análisis de datos

Para definir **ambiente de análisis de datos** primero se partirá de la definición de **ambiente de cómputo**.

Un ambiente de cómputo es una colección de computadoras que realizan procesamiento e intercambio de información para resolver diversos tipos de problemas de cómputo.[36]

Partiendo de la definición anteriormente citada, Un ambiente de análisis de datos es una colección de computadoras que tienen como fin principal ejecutar algoritmos de que realicen análisis de conjuntos de datos. *Luminus* es un ambiente de análisis de datos.

2.10. Clúster

Un clúster, en términos de informática, es un conjunto de computadoras interconectadas que pueden ser vistas como un solo sistema. Las computadoras que componen un clúster realizan una tarea en común y son controladas mediante un software específico. Usualmente los clústers son implementados con fines de obtener alto rendimiento en el procesamiento de datos.[35]

Al ser *Luminus* un **Ambiente de análisis de datos** que aplicará técnicas de análisis sobre grandes cantidades de información, se requiere implementarlo en un clúster en el que las computadoras que lo integren trabajen en conjunto para llevar a cabo la ejecución de los algoritmos implementados dentro del sistema y para el almacenamiento distribuido de los datos.

2.11. MapReduce

MapReduce es un paradigma de programación que permite escalabilidad masiva a través de cientos o miles de servidores en un clúster Hadoop. *MapReduce* se refiere a dos tareas distintas y separadas. La primera, *Map*, consiste en realizar mapeos. Ésta convierte un conjunto de datos en otro conjunto de datos diferente en el que los elementos individuales son separados en tuplas. La segunda, *Reduce*, toma los datos que arroja de *Map*, y combina esas tuplas en un conjunto más pequeño de tuplas. MapReduce es el corazón de Hadoop.[31] Los algoritmos implementados dentro de *Luminus* estarán programados con base en este paradigma.

2.12. Hadoop

Una de las capas de la pila de tecnologías que se utilizarán para construir *Luminus* es Hadoop. Hadoop un framework de software que soporta aplicaciones distribuidas bajo una licencia libre. Permite a las aplicaciones trabajar con miles de nodos y petabytes de datos. Hadoop se inspiró en los documentos Google para MapReduce y Google File System (GFS). Hadoop utiliza su propio sistema de archivos HDFS, que divide archivos grandes y los distribuye en diferentes nodos para su procesamiento.[32]

2.12.1. Características principales de Hadoop

- **Procesamiento distribuido:** Hadoop distribuye los datos en los diferentes nodos que formen parte de la arquitectura de clúster que estén haciendo uso de él. Pretende paralelizar tareas de procesamiento de datos[32].
- **Eficiencia:** Mediante la paralelización, se consigue una ganancia considerable en el tiempo de procesamiento de información.[32]
- **Económico:** Propicia un ambiente fácilmente escalable en el que resulta sencillo añadir nodos de manera horizontal conforme se vaya requiriendo.[32]
- **Código abierto:** Es un proyecto de los llamados **open source**. [32]
- **Tolerancia a fallos:** Utiliza replicación de datos haciendo uso de **HDFS (Hadoop Distributed File System)**. Si un nodo falla o cae, hay nodos de respaldo que permiten mantener el ambiente en funcionamiento.[32]

2.12.2. Arquitectura de Hadoop

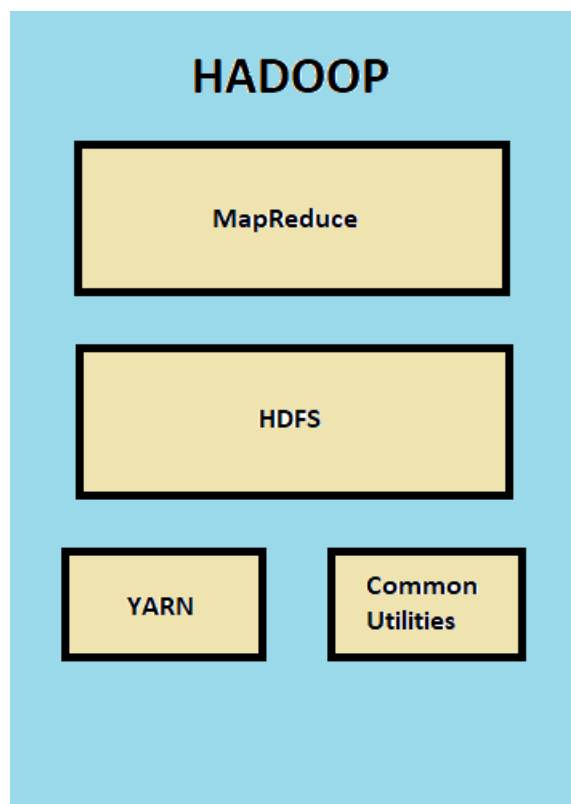


Figura 2.9: Arquitectura básica de Hadoop.

- **MapReduce:** Es el módulo que permite ejecutar cómputo distribuido. Pretende la paralelización de procesos.
- **HDFS (Hadoop Distributed File System:)** Es el sistema de archivos distribuido que utiliza Hadoop. Éste parte los datos en fragmentos y los almacena en los nodos que conforman el clúster donde Hadoop esté ejecutándose.
- **YARN:** Es el gestor de recursos de Hadoop.
- **Common Utilities:** Librerías y código necesario para ejecutar Hadoop.

2.12.3. Arquitectura de un clúster Hadoop

Habitualmente, un clúster Hadoop tiene la estructura **maestro - esclavo**. Lo que significa que hay un nodo **maestro** que estará coordinando la ejecución de tareas y las asignará a los nodos **esclavos**.

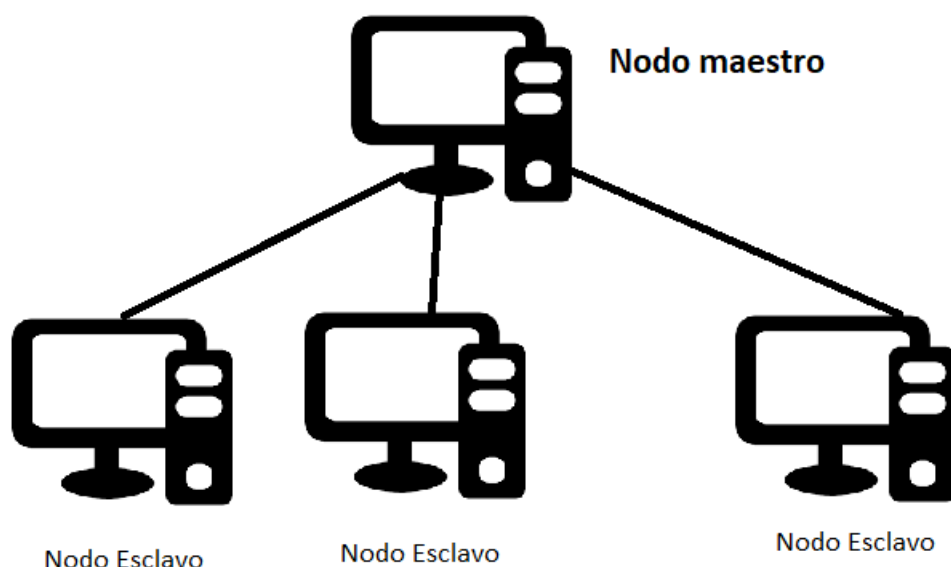


Figura 2.10: Arquitectura de maestros y esclavos.

2.12.4. Distribuciones Comerciales de Hadoop

Durante el proceso de desarrollo de *Luminus* se tenía pensado utilizar alguna distribución comercial de Hadoop, por lo que es importante denotarlas en esta sección, aún cuando al final ninguna de ellas se haya adaptado a las necesidades del proyecto. Existen varias opciones actualmente en el mercado para hacer uso de las capacidades de Hadoop, entre las cuales destacan 3 principalmente[34]:

- **Cloudera:** Fue la primera de todas las distribuciones comerciales de Hadoop. Cuenta con una herramienta llamada Cloudera Manager que permite gestionar el clúster.
- **Hortonworks:** Es la distribución de Hadoop más nueva. Permite instalar el clúster mediante un cliente de virtualización.
- **Microsoft Azure:** Es una distribución desarrollada por Microsoft que permite tener las máquinas del clúster en la nube.

2.13. Apache Spark

Es un motor de análisis de datos unificado para Big Data y Machine Learning. Que se basa en Hadoop Map Reduce. Es una herramienta de código abierto que permite **dividir y ejecutar tareas de manera paralela**. Esta cualidad de Spark de poder paralelizar el trabajo se debe a que éste software en la gran mayoría de los casos es ejecutado en sistemas con arquitectura de clúster.[33] *Luminus* utiliza Spark como motor de análisis de datos, y para la construcción de la red distribuida.

2.13.1. Características principales de Spark

- Integrado con Apache Hadoop.
- Ofrece un desempeño veloz.
- El almacenamiento de datos se administra en memoria. Se reducen mucho los tiempos de ejecución ya que hay muchas menos operaciones de lectura y escritura en disco.
- Puede ejecutar algoritmos escritos en Java, Scala, Python y R.
- Permite procesamiento en tiempo real.

2.13.2. Ventajas de usar Apache Spark

Utilizar Spark para el procesamiento de volúmenes de información de gran tamaño ofrece varios beneficios.[33] Los principales beneficios son los siguientes:

- **Velocidad:** Gran velocidad en el procesamiento de información. Esto se debe a lo ya mencionado anteriormente sobre la gestión de datos desde memoria.
- **Potencia:** Spark nos permite aprovechar el hardware de los equipos que lo estén utilizando.
- **Fácil uso:** A diferencia de Hadoop, que requería de un amplio conocimiento de MapReduce y de Java, Spark permite usar lenguajes de más alto nivel como Python y Scala además de Java.
- **Integración SQL:** Como resultado de contener el módulo Spark SQL, es posible realizar consultas en conjuntos de datos semi-estructurados utilizando lenguaje SQL.
- **Constante mejora del propio sistema:** Al ser un proyecto de código abierto, cada vez hay más personas que contribuyen a la mejora y ampliación de los alcances de Spark.
- **Escalabilidad:** Spark permite que incrementar el tamaño del clúster conforme se vaya necesitando.

2.13.3. Componentes de Apache Spark

Podría decirse que Spark es un conjunto de módulos que nos permiten generar conocimiento usando diferentes técnicas y tecnologías[33].

El diagrama mostrado a continuación ilustra los principales módulos o **componentes** que conforman Apache Spark.

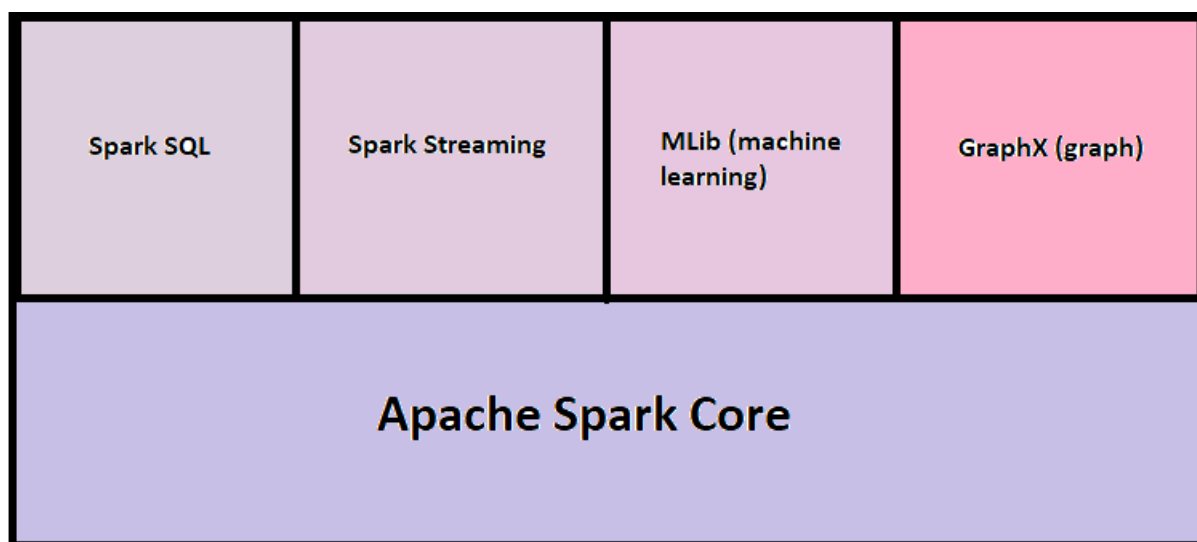


Figura 2.11: Componentes que conforman Apache Spark.

- **Spark Core:** Es el núcleo de Spark. Contiene librerías que se utilizan en todos los demás módulos.
- **Spark SQL:** Módulo para el procesamiento de datos estructurados y semi-estructurados. Esto se conoce como *SchemaRDD*. Este módulo hace posible el uso de lenguaje SQL para hacer consultas.
- **Spark Streaming:** Este módulo hace posible el procesamiento en tiempo real. Hace posible el flujo de gran cantidad de datos a alta velocidad.
- **MLib:** Este módulo contiene herramientas y algoritmos muy variados para usar de manera fácil, práctica y escalable al *machine learning*.
- **GraphX:** Este módulo permite el procesamiento gráfico. No pinta gráficos, sino que realiza operaciones con grafos.

2.14. Interfaz Web

Una **interfaz de usuario** es el medio por el cual un usuario de un sistema computacional interactúa con el sistema. Se dice que una interfaz es **web** cuando el medio que despliega y renderiza la interfaz es un navegador web. Definir este concepto es importante ya que la interfaz de usuario de *Luminus* será una interfaz web.

Evaluación y definición de requerimientos de la red distribuida

3.1. Descripción del prototipo

El prototipo actual busca definir el número de nodos y las características que estos deben tener para crear un ambiente de Big Data que nos permita realizar las pruebas a nuestro caso de estudio de manera satisfactoria pero que tampoco escape de las capacidades de computación con las que contamos.

Por otro lado busca definir como serán agrupados los datos que conforman el caso de estudio en los nodos que se establezcan. Para poder conocer con ello la distribución de los datos y el peso en memoria física que se le dará a cada nodo.

Se busca entonces encontrar características en común entre los datos que conforman el caso de estudio para de esta manera clasificarlos y facilitar su consulta al momento de aplicar algoritmos de minería de datos.

3.2. Análisis

3.2.1. Análisis de la red distribuida

Se pretende establecer las características que tendrá el cluster que se aplicará a la red distribuida para poder con esto, generarlo.

A continuación, se presenta el análisis de los factores que se consideran importantes para dicho objetivo:

- Se definió que es necesario realizar una replica de los datos en los nodos ya que si la información original no esta disponible, en algún espacio en el tiempo se podrá utilizar la información de respaldo que se tiene de los mismos, con lo que se lograría que los datos sean mas persistentes.
- Para poder almacenar 2 copias de la misma información la original la replica, es necesario contar con al menos 2 nodos de datos y un nodo maestro.
- El nodo maestro no puede ser considerado nodo de datos ya que este cumple otra tarea, la cual es administrar y ordenar al resto de los nodos.
- También se definió que para manejar datos de la dimensión de 21GB (tamaño de la base de datos del caso de estudio), nodos de datos de menos de 2GB de capacidad de RAM no son eficientes e incluso llegan a tener problemas con las configuraciones de memoria que se realizan mas adelante, por lo que se considera que los nodos de datos deberán trabajar con al menos 2GB de RAM.
- Para poder comunicar el cluster dentro de una red local se utilizan 2 tecnologías Spark y Hadoop además de las dependencias de estas para funcionar como son SSH y Java. Por lo que es necesario considerar el espacio que ocupa la instalación de dichas tecnologías.

3.2.2. Análisis de los datos

La base de datos que se tiene planeado utilizar como caso de estudio tiene un total de 21GB de texto plano de información de productos que se venden en tiendas departamentales en la república mexicana.

Se trata de un archivo de datos de la PROFECO de uso libre el cual tiene los siguientes campos para cada producto.

```
producto , presentacion , marca , categoria , catalogo , precio , fecharegistro ,  
cadenacomercial , giro , nombrecomercial , direccion , estado , municipio ,  
latitud , longitud
```

El archivo contiene toda clase de productos comerciales desde alimentos, electrónica, línea blanca, papelería, etc. Cada producto viene acompañado de la información de la tienda departamental que lo comercializa. como ejemplo del contenido de dicho archivo se muestra los siguientes registros.

```
| crayones | caja 12 ceras . jumbo . c.b. 201423 | crayola  
| material escolar | utiles escolares | 27.5 | 2011-05-18 00:00:00  
| abastecedora lumen | papelerias | abastecedora lumen sucursal villa coapa  
| cannes no. 6 esq. canal de miramontes | distrito federal | tlalpan  
| 19.297 | -99.1254 |
```

```
| crayones | caja 12 ceras . tamano regular c.b. 201034 | crayola | material escolar  
| utiles escolares | 13.9 | 2011-05-18 00:00:00 | abastecedora lumen | papelerias  
| abastecedora lumen sucursal villa coapa | cannes no. 6 esq. canal de miramontes  
| distrito federal | tlalpan | 19.297 | -99.1254 |
```

```
| galletas populares | paquete 170 gr. marias | gamesa | galletas pastas y  
harinas de trigo | mercados | 6.5 | 2011-01-10 00:00:00 | walmart  
| tienda de autoservicio | walmart | boulevard bernardo quintana no.4113  
esquina camino a sa | queretaro | santiago de queretaro | 20.6162 | -100.398 |
```

```
| galletas populares | paquete 170 gr. marias | gamesa | galletas pastas y  
harinas de trigo | mercados | 6.6 | 2011-01-10 00:00:00 | farmacia guadalajara  
| tienda de autoservicio | farmacia guadalajara sucursal 326 | ignacio picazo  
no.25 norte casi esquina allende ponien | tlaxcala | chiautempan | 19.3159 | -98.1945 |
```

Estos ejemplos que fueron tomados estratégicamente para ser analizados como se lista a continuación.

- El archivo contiene información de varios productos que se venden en la misma tienda, conservando entonces la parte de datos referente a la tienda pero cambiando la parte del producto.
- El archivo contiene información del mismo producto vendido en varias tiendas departamentales en diferentes lugares, en esta caso, la información del producto es la misma mientras que la información de la tienda departamental cambia.
- El archivo contiene productos similares que se venden en la misma tienda o bien en otras tiendas que no son precisamente iguales pero que se pueden comparar entre ellos.

Usando el análisis formulado anteriormente se puede proponer diferentes alternativas de agrupación de los datos. Las que se consideraron se listan a continuación.

- Precio del producto
- Categoría del producto
- Tienda departamental

- Zona Geográfica
- Estado de la república donde se encuentra el producto

Por otro lado se determino que el sistema de almacenamiento de datos que se va a utilizar en la red distribuida, será Hadoop, y revisando su modo de operación y de manejo de archivos en su HDFS este no permite que la forma en la que se agrupan los datos sea definida por el usuario por lo que, los datos serán distribuidos siguiendo la técnica de Hadoop.

Es mas conveniente utilizar la forma en la que Hadoop distribuye los datos debido a que no es necesario controlar el acceso a los datos de manera manual indicando donde se encuentra cada uno de ellos, sino que Hadoop se encarga de esta tarea, además de ofrecer otros beneficios como la escalabilidad, la tolerancia a fallos , replicación en tiempo real, etc.

A pesar de esto, el análisis realizado para determinar los modos de agrupamiento mas favorables no será desperdiciado pues este buscaba simplificar la operación de los algoritmos de minería de datos. y aunque no se aplique directamente sobre la distribución de los repositorios en los nodos, esta será aplicada al momento de ejecutar los algoritmos de minería de datos.

3.3. Diseño

3.3.1. Diseño de la red distribuida

Características de la red distribuida

Las características que tiene la red distribuida se enlistan a continuación: Se diseño una red distribuida que cuenta con 4 nodos en total.

Un nodo que cumple la función de nodo maestro.

Tres nodos que son utilizados como nodos de datos/replica.

Cada nodo usará la siguiente cantidad de memoria RAM:

Nodo Maestro: 6.7 GB.

Nodos Esclavos: 2 GB.

Se usa una conexión de red local para que los nodos puedan comunicarse.

Se asigno una IP estática a cada nodo para evitar problemas con la asignación dinámica de IPs mediante DHCP.

Cada nodo maestro y de datos/replica estará funcionando con base en un sistema operativo Ubuntu 16.04.

Se requiere que cada nodo de datos/replica cuente con 40 GB de almacenamiento en disco duro debido a que:

Se almacenarán 21 GB de información, y 21 GB de réplica en los nodos de información y de réplica respectivamente entre los 3 nodos.

los programas que requieren tener en ejecución los nodos para funcionar correctamente, además de el sistema operativo los cuales ocupan 1.38GB de disco duro.

El espacio reservado libre para que Hadoop haga sus cambios y modificaciones de archivos en tiempo real como este lo requiera.

El espacio en disco libre que necesita el nodo para funcionar y seguir procesando datos.

Sólo los nodos de datos/replica almacenan y procesan información

El nodo maestro administra y ordena. Cada nodo funciona con Apache Spark 2.7 y Hadoop 3.1.1.

Red distribuida en la arquitectura del sistema

El diseño de la arquitectura del sistema y la red distribuida se muestran en la figura 3.1.

Como se puede observar en la arquitectura se tiene un nodo maestro y tres nodos de datos/replica conectados a través de Hadoop.

Se explicará como se busca que estos trabajen en conjunto una vez que todos los prototipos se encuentren terminados y como el diseño existente hasta este momento estará afectando dicho comportamiento.

El nodo maestro será el nodo donde el usuario experto instalará el ambiente para hacer uso de big data y configura sus

nodos, una vez que la instalación sea exitosa podrá ingresar sus datos, seleccionar los algoritmos que desea aplicar a los mismos y visualizará los resultados.

Mientras el usuario solicita operaciones directamente desde el nodo maestro los nodos de datos o replica se encontrarán accediendo a los datos que se encuentran alojados en cada uno de ellos y ejecutando las operaciones que se les soliciten sobre los mismos las solicitudes antes mencionadas serán hechas en su totalidad por el nodo maestro.

Posteriormente los resultados parciales obtenidos en cada uno de los nodos serán devueltos al nodo maestro para que este pueda generar el resultado final utilizando los resultados parciales de cada uno de los nodos y mostrarlo al usuario experto.

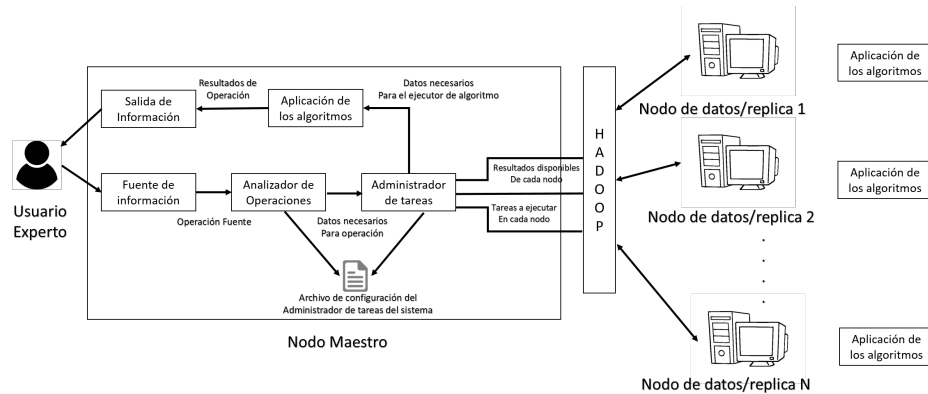


Figura 3.1: Arquitectura del sistema

3.3.2. Diseño de propuesta de agrupación de acuerdo a los nodos definidos en la red distribuida

Al usar una tecnología como Hadoop, este mismo es capaz de distribuir los datos sin que se diseñe una propuesta de agrupación por parte del programador sino que, Hadoop establece la propia.

Hadoop dentro de su arquitectura cuenta con un bloque conocido como HDFS en cual es un sistema de archivos distribuido y tolerante a fallos. Funciona sobre el conjunto de los nodos de un cluster de Hadoop, balanceando la carga de archivos entre las máquinas del cluster, de forma equitativa. Gracias a su naturaleza distribuida, proporciona alta disponibilidad y altas prestaciones que le permiten ser capaz de manejar archivos de gran tamaño.

Para realizar esta tarea es necesario proporcionarle el archivo de datos completo a HDFS e indicarle el número de copias que se harán de los datos, el archivo proporcionado será segmentado en bloques de 128 MB por parte de Hadoop como se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2: Generación de bloques de un archivo

El sistema de Hadoop ingresará cada bloque considerando este bloque como bloque de datos en algún nodo y para las réplicas ingresará nuevamente el bloque considerando este bloque como bloque de réplica 1, bloque de réplica 2, bloque de réplica 3 y continúa de la misma forma para la cantidad de bloques de réplica que se hayan indicado. Para cada una de las réplicas es indispensable que no sean asignadas en el mismo nodo que el bloque de datos o alguna otra réplica. No tiene sentido realizar más o igual número de réplicas que de nodos, debido a que las réplicas se realizan para garantizar el acceso a los bloques en todo momento, y si el bloque es accesible en un nodo y la réplica se encuentra en el mismo nunca sería utilizada.

Para ejemplificar la explicación anterior se mostrará la distribución que haría Hadoop para un sistema de 3 nodos con una réplica en la imagen 3.3.

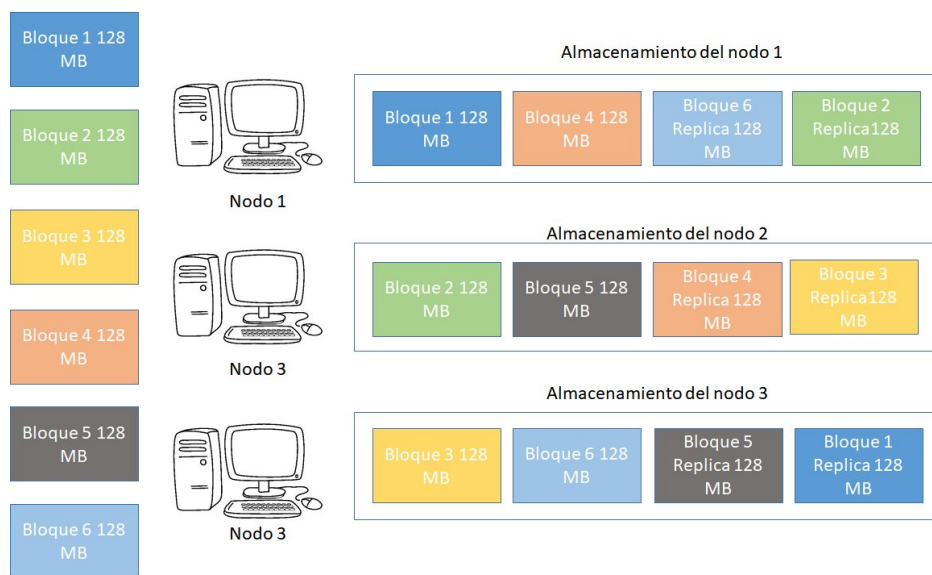


Figura 3.3: Generación de bloques de un archivo

Por lo que podemos ver que en caso de que alguno de los nodos deje de responder en los otros 2 nodos tenemos acceso a todos los datos, ya sea en el bloque de datos o en el bloque de réplica, hecho que no ocurriría en caso de que 2 nodos dejen de responder, el cual se solventa realizando 2 réplicas de los datos.

En tiempo de ejecución, para realizar su trabajo Hadoop siempre toma en cuenta primeramente los bloques de datos y en caso de no encontrarlos procede a hacer uso de las réplicas generadas de los mismos.

En el servidor maestro se guarda una información conocida como NameNode que permite conocer dónde se encuentran cada uno de los bloques y sus réplicas, lo que facilita sean encontradas dentro del cluster.

Con lo que podemos concluir que si bien no diseñamos la propuesta de agrupación de los datos comprendemos cómo es que esta funciona.

3.4. Desarrollo

Para que la red distribuida se encuentre en funcionamiento se siguió el Manual de Instalación de Luminus en sus secciones

1. Instalación de Apache Spark en el nodo
 - 1.1. Instalación de la paquetería de java
 - 1.2. Instalación de la paquetería de SSH
 - 1.2.1. Configuración
 - 1.2.2. Conexión
 - 1.3. Instalación de Spark
 - 1.3.1. Configuración maestro

2. Instalación de Apache Spark en los nodos de datos
 - 2.1. Instalación de la paquetería de java en los nodos de datos
 - 2.2. Instalación de la paquetería de SSH en los nodos de datos
 - 2.3. Instalación de Spark en los nodos de datos
 - 2.3.1. Configuración

3. Puesta en funcionamiento

- 3.1. Configuraciones para poner en funcionamiento Apache Spark en la red distribuida

Las cuales nos permitirán instalar Apache Spark para permitir la conexión entre los nodos de datos/replica y el maestro haciendo uso de una red de internet local en la que se encuentren conectados todos los nodos.

Además de contener todas las configuraciones necesarias para tal objetivo.

3.5. Pruebas

Para verificar que la instalación y configuración que se realizó al servidor Apache Spark es correcta será necesario aplicar un algoritmo de prueba.

Un algoritmo de prueba muy común es sparkPi el cual calcula el valor del número pi utilizando todos los nodos de la red distribuida.

Esto nos permitirá comprobar que existe conectividad dentro de la red y que se pueden realizar calculos con ella.

El comando a ejecutar es el siguiente

```
MASTER=spark://[IP del nodo maestro]:7077 run-example SparkPi
```

como se puede apreciar en la siguiente imagen

```
root@maestro:/home/maestro# MASTER=spark://192.168.1.88:7077 run-example SparkPiUsing Sp
ark's default log4j profile: org/apache/spark/log4j-defaults.properties
18/10/16 17:59:23 INFO SparkContext: Running Spark version 2.1.0
18/10/16 17:59:24 WARN NativeCodeLoader: Unable to load native-hadoop library for your p
latform... using builtin-java classes where applicable
18/10/16 17:59:24 INFO SecurityManager: Changing view acls to: root
18/10/16 17:59:24 INFO SecurityManager: Changing modify acls to: root
18/10/16 17:59:24 INFO SecurityManager: Changing view acls groups to:
18/10/16 17:59:24 INFO SecurityManager: Changing modify acls groups to:
18/10/16 17:59:24 INFO SecurityManager: SecurityManager: authentication disabled; ui acl
s disabled; users with view permissions: Set(root); groups with view permissions: Set()
; users with modify permissions: Set(root); groups with modify permissions: Set()
18/10/16 17:59:25 INFO Utils: Successfully started service 'sparkDriver' on port 46871.
18/10/16 17:59:25 INFO SparkEnv: Registering MapOutputTracker
18/10/16 17:59:25 INFO SparkEnv: Registering BlockManagerMaster
18/10/16 17:59:25 INFO BlockManagerMasterEndpoint: Using org.apache.spark.storage.Default
TopologyMapper for getting topology information
18/10/16 17:59:25 INFO BlockManagerMasterEndpoint: BlockManagerMasterEndpoint up
18/10/16 17:59:25 INFO DiskBlockManager: Created local directory at /tmp/blockmgr-d7ab33
be-238f-481a-a2ee-b9a030ea26f4
18/10/16 17:59:25 INFO MemoryStore: MemoryStore started with capacity 366.3 MB
18/10/16 17:59:25 INFO SparkEnv: Registering OutputCommitCoordinator
18/10/16 17:59:25 INFO Utils: Successfully started service 'SparkUI' on port 4040.
18/10/16 17:59:25 INFO SparkUI: Bound SparkUI to 0.0.0.0, and started at http://192.168.
1.88:4040
18/10/16 17:59:25 INFO SparkContext: Added JAR file:/opt/spark/examples/jars/scopt 2.11-
```

Figura 3.4: Ejecución de algoritmo SparkPi

cuando este termine podremos ver el resultado del valor de Pi en la consola

```
90 bytes)
18/10/16 18:31:09 INFO TaskSetManager: Starting task 1.0 in stage 0.0 (TID 1, 192.168.1.88, executor 0, partition 1, PROCESS_LOCAL, 60
90 bytes)
18/10/16 18:31:10 INFO BlockManagerMasterEndpoint: Registering block manager 192.168.1.88:41081 with 366.3 MB RAM, BlockManagerId(0, 1
92.168.1.88, 41081, None)
18/10/16 18:31:10 INFO CoarseGrainedSchedulerBackend$DriverEndpoint: Registered executor NettyRpcEndpointRef(null) (192.168.1.99:57620
) with ID 2
18/10/16 18:31:10 INFO BlockManagerInfo: Added broadcast_0_piece0 in memory on 192.168.1.88:41081 (size: 1172.0 B, free: 366.3 MB)
18/10/16 18:31:11 INFO BlockManagerMasterEndpoint: Registering block manager 192.168.1.99:44847 with 413.9 MB RAM, BlockManagerId(2, 1
92.168.1.99, 44847, None)
18/10/16 18:31:11 INFO TaskSetManager: Finished task 0.0 in stage 0.0 (TID 0) in 1661 ms on 192.168.1.88 (executor 0) (1/2)
18/10/16 18:31:11 INFO CoarseGrainedSchedulerBackend$DriverEndpoint: Registered executor NettyRpcEndpointRef(null) (192.168.1.97:35414
) with ID 1
18/10/16 18:31:11 INFO TaskSetManager: Finished task 1.0 in stage 0.0 (TID 1) in 1486 ms on 192.168.1.88 (executor 0) (2/2)
18/10/16 18:31:11 INFO TaskSchedulerImpl: Removed TaskSet 0.0, whose tasks have all completed, from pool
18/10/16 18:31:11 INFO DAGScheduler: ResultStage 0 (reduce at SparkPi.scala:38) finished in 3.398 s
18/10/16 18:31:11 INFO DAGScheduler: Job 0 finished: reduce at SparkPi.scala:38, took 4.423339 s
Pi is roughly 3.141855709278546
18/10/16 18:31:11 INFO SparkUI: Stopped Spark web UI at http://192.168.1.88:4040
18/10/16 18:31:11 INFO StandaloneSchedulerBackend: Shutting down all executors
18/10/16 18:31:11 INFO CoarseGrainedSchedulerBackend$DriverEndpoint: Asking each executor to shut down
18/10/16 18:31:11 INFO MapOutputTrackerMasterEndpoint: MapOutputTrackerMasterEndpoint stopped!
18/10/16 18:31:11 INFO MemoryStore: MemoryStore cleared
18/10/16 18:31:11 INFO BlockManager: BlockManager stopped
18/10/16 18:31:11 INFO BlockManagerMaster: BlockManagerMaster stopped
18/10/16 18:31:11 INFO OutputCommitCoordinator$OutputCommitCoordinatorEndpoint: OutputCommitCoordinator stopped!
18/10/16 18:31:11 INFO SparkContext: Successfully stopped SparkContext
18/10/16 18:31:11 INFO ShutdownHookManager: Shutdown hook called
18/10/16 18:31:11 INFO ShutdownHookManager: Deleting directory /tmp/spark-6b3719b0-b845-424f-9115-be9cb0360bad
```

Figura 3.5: Valor de Pi

cabe destacar que debido a que el valor es calculado en tiempo real con los recursos que se tiene en el cluster el valor puede variar cada ejecución pero será muy aproximado al valor real del número.

Ahora, si accedemos a la interfaz web de Spark podremos ver que un trabajo ha sido completado dentro del cluster,

antes de esta ejecución no se mostraba nada dentro de esta sección.

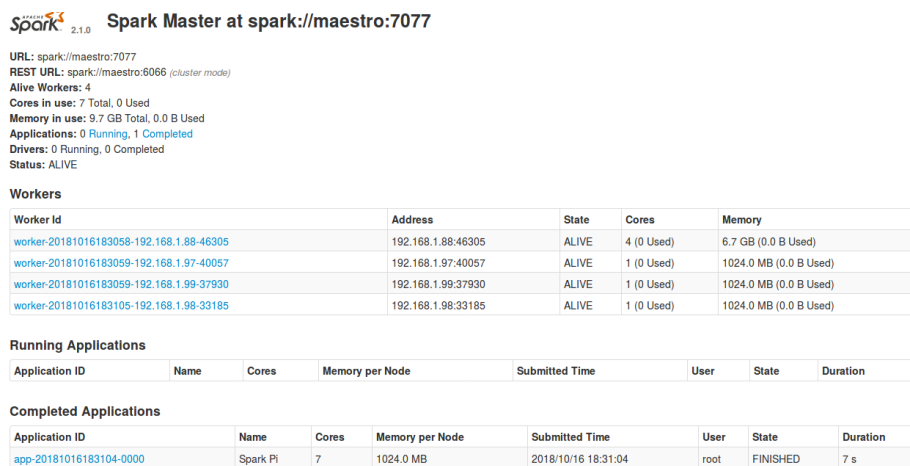


Figura 3.6: Aplicación completada en Apache Spark

En caso de entrar a los detalles de la misma podremos observar que todos los trabajadores participaron en dicha aplicación y que se encuentran en el estado muerto debido a que la aplicación a finalizado su ejecución. así como también podemos visualizar los archivos de registro que generaron durante la ejecución de esta aplicación, entre otros detalles. otro punto importante es que también se puede consultar para cada uno de los nodos su participación

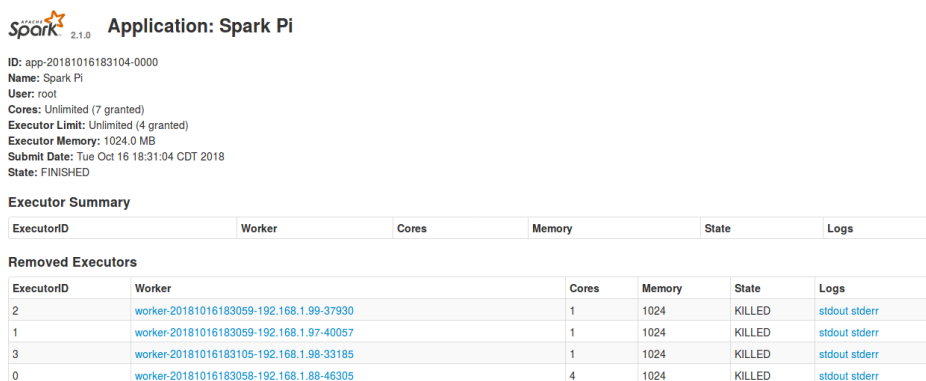


Figura 3.7: Detalles de la ejecución de la aplicación Spark Pi

en la ejecución de esta aplicación como se muestra en la figura 3.8 para el caso del nodo maestro

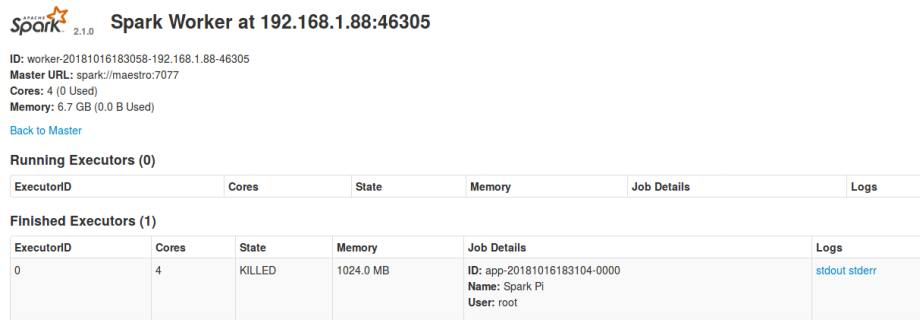


Figura 3.8: Detalles de la ejecución de la aplicación Spark Pi en un nodo

Con lo que podemos concluir:

- El cluster funciona correctamente
- Existe comunicación entre los nodos
- Los nodos de datos/replica son capaces de identificar al nodo maestro y recibir instrucciones de el
- El nodo maestro es capaz de comunicar trabajos a los nodos de datos/replica y de interpretar los resultados de sus trabajos de manera satisfactoria

Por lo tanto, el prototipo uno concluye de manera exitosa

Integración de requerimientos de la red distribuida

4.1. Descripción del prototipo

El prototipo actual busca que sea posible integrar los datos del caso de estudio a el cluster definido en el prototipo 1 que se encuentra en el capítulo [Evaluación y definición de requerimientos de la red distribuida](#).

Una vez que los datos sean cargados a los nodos, se busca comprobar que el cluster siga funcionando correctamente y que se puedan hacer consultas sobre los datos que este almacena, comprobando con esto su accesibilidad, disponibilidad y correcta asignación de los mismos a la red.

4.2. Análisis

4.2.1. Análisis de la adaptación de los datos a la red distribuida

El archivo de datos correspondiente al caso de estudio cuenta con 21GB de texto plano. Debido a que se definió que cada nodo de datos/replica cuenta con al menos 40GB de almacenamiento. Los datos podrán ser almacenados en la red distribuida sin causar problemas de almacenamiento ya que estos son soportados por las capacidades definidas en el prototipo 1 que fueron establecidas contemplando esta condición.

Para poder adaptar los datos del caso de estudio a la red distribuida creada con anterioridad se hará uso de Apache Hadoop.

Esto debido a que este cuenta con Hadoop Distributed File System (HDFS). HDFS es un sistema de archivos distribuido y tolerante a fallos. Funciona sobre el conjunto de los nodos de un cluster de Hadoop, balanceando la carga de archivos entre las máquinas del cluster, de forma equitativa. Gracias a su naturaleza distribuida, proporciona alta disponibilidad y altas prestaciones que le permiten ser capaz de manejar archivos de gran tamaño.

por lo que, haciendo uso de este sistema de manejo de archivos y teniendo las capacidades de almacenamiento en los nodos de la red distribuida es posible afirmar que se puede adaptar sin complicaciones el archivo de datos del caso de estudio.

4.3. Diseño

4.3.1. Diseño de la red distribuida con nodos de datos

La red distribuida cuenta con 3 nodos de datos/replica y un nodo maestro, una vez que se apliquen las configuraciones correspondientes a la asignación de los datos en los nodos de datos/replica así como un algoritmo para probar que los datos asignados son accesibles, la red distribuida deberá verse como la que se muestra en la imagen [Diseño de la red distribuida con nodos de datos](#)

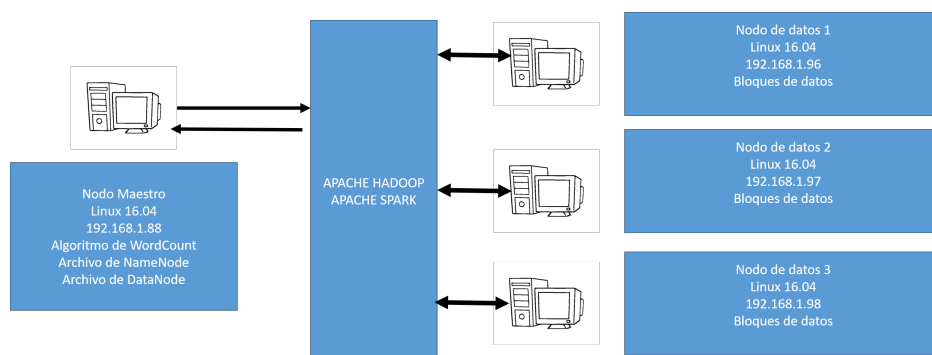


Figura 4.1: Diseño de la red distribuida con nodos de datos

la cual funciona conectando el cluster a una red local que les de una IP a cada uno de ellos la cual será definida como estática y se utilizara para las conexiones de manera distribuida tanto de Apache Hadoop como también de Apache Spark.

Los nodos de datos/replica no se comunicarán entre si al momento de ejecutar operaciones de computo en la red distribuida y para tal motivo utilizarán la conexión con el nodo maestro.

4.3.2. Diseño de pruebas de obtención de información

Para poder conocer si los datos fueron distribuidos correctamente y el cluster se encuentra en funcionamiento es posible utilizar un algoritmo que use los datos que se encuentran en el cluster y al final regrese un resultado.

Los algoritmos de big data que serán necesarios para este trabajo son algoritmos que utilizan como base una tecnología llamada Map Reduce.

Se encontró que existen algoritmos de prueba dentro de Hadoop que pueden ser utilizados para comprobar el correcto funcionamiento de la red. sin embargo, se busco comprender como es que estas pruebas funcionan.

Y a su vez buscar que el ejemplo que sea aplicado sobre los datos del caso de estudio se adapte mejor a estos y ofrezca resultados mas interesantes.

WordCount tradicional

La prueba que se va a realizar es el Contador de palabras.º "WordCount.este algoritmo lo que hace es contar todas las palabras que se encuentran dentro de un archivo y decir cuantas coincidencias de la misma palabra se encontraron. El algoritmo funciona de la siguiente manera:

- Cada que encuentra una nueva palabra la agrega al listado de palabras con el valor de 1 que significa que solo ha sido encontrada una vez.
- En caso de que la palabra sea encontrada nuevamente, entonces se reemplazara el número asociado a esa palabra por el número que tenia en ese momento + 1.
- Termina cuando llega al final del archivo y por lo tanto todas las palabras nuevas fueron registradas y se conoce cuantas veces aparecen en el archivo.

El procedimiento descrito anteriormente se explicará de igual forma con el diagrama de flujo que se muestra en la Imagen [Diagrama de flujo del algoritmo contador de palabras.](#)

Los pasos descritos anteriormente, son los pasos que serian utilizados si se tratara de un algoritmo que se ejecuta sin el uso de Map Reduce.

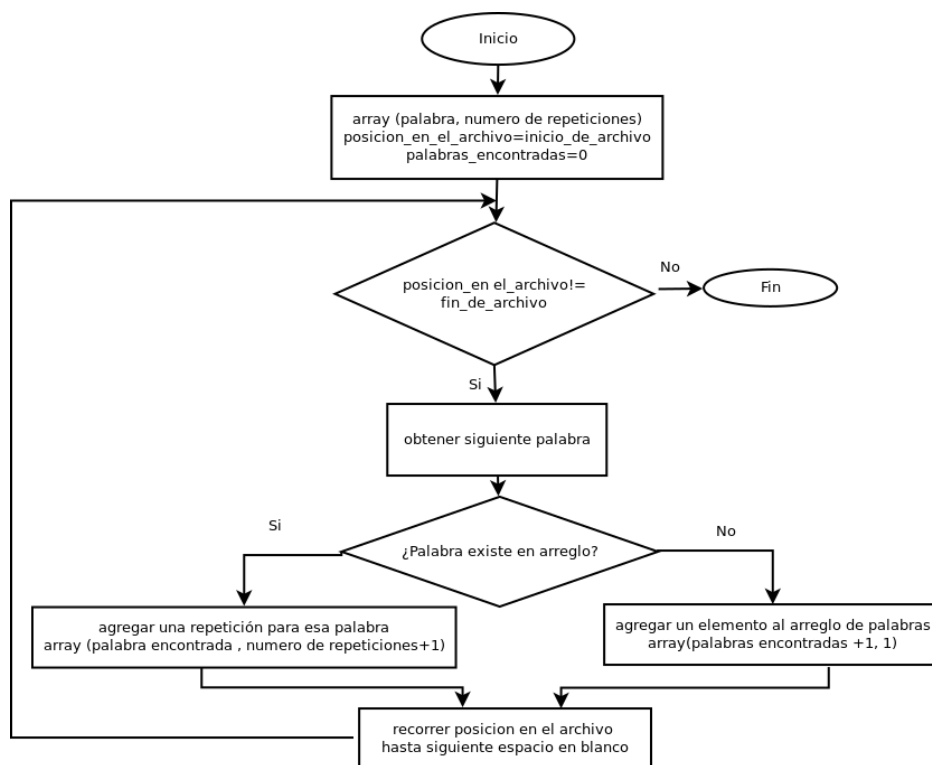


Figura 4.2: Diagrama de flujo del algoritmo contador de palabras

WordCount con el uso de Map Reduce

Map Reduce es una técnica que descompone un trabajo grande en tareas individuales las cuales pueden ser ejecutadas por separado en diferentes computadoras que componen un cluster, y estas al final pueden unir sus resultados individuales para calcular los resultados finales.

Función Map: Toma un conjunto de datos y los convierte en otro conjunto de datos, donde los elementos individuales se dividen en entradas del nuevo conjunto con la estructura (clave-valor).

de tal forma que lo que una función Map en este ejemplo haría sería convertir el conjunto de palabras en un conjunto diferente donde: Clave: toma el valor de la palabra que se encontró en el archivo Valor: asigna el valor de 1 a otras las palabras encontradas en el archivo. Veamos el siguiente conjunto de entrada dentro del archivo:

botella , refresco , Botella , BOTELLA, Refresco , Refresco , botellarefresco .

para este archivo el conjunto de salida de la función map, sería:

```
( botella ,1) , ( refresco ,1) , ( Botella ,1) , ( BOTELLA,1) ,
( Refresco ,1) ,( Refresco ,1) , ( botellarefresco ,1) .
```

Función Reduce: toma la salida del mapa y combina las entradas para generar un conjunto mas pequeño de datos De tal forma que lo que la función reduce haría en este ejemplo sería buscar las palabras que sean las mismas de las entregadas por cada nodo y agruparlas. veamos el mismo ejemplo, suponiendo que el trabajo fue realizado por 3 nodos de datos, veamos lo que haría la función reduce.

```
nodo1
( botella ,1) , ( refresco ,1) .
nodo2
( Botella ,1) , ( BOTELLA,1) .
nodo3
( Refresco ,1) ,( Refresco ,1) , ( botellarefresco ,1) .
```

para estas entradas, el conjunto de salida de la función reduce sería:

(BOTELLA,3) , (REFRESCO,3) , (BOTELLAREFRESCO,1) .

Sin embargo, cabe destacar que el sistema de Hadoop no solo trabaja con las funciones map y reduce, sino que tiene otras funciones internas que el sistema controla.

En la imagen **Funcionamiento completo de Hadoop, con todas sus operaciones** se puede visualizar el funcionamiento completo que tendría que ejecutarse en el cluster para llevar a cabo este algoritmo. Teniendo como referencia la imagen

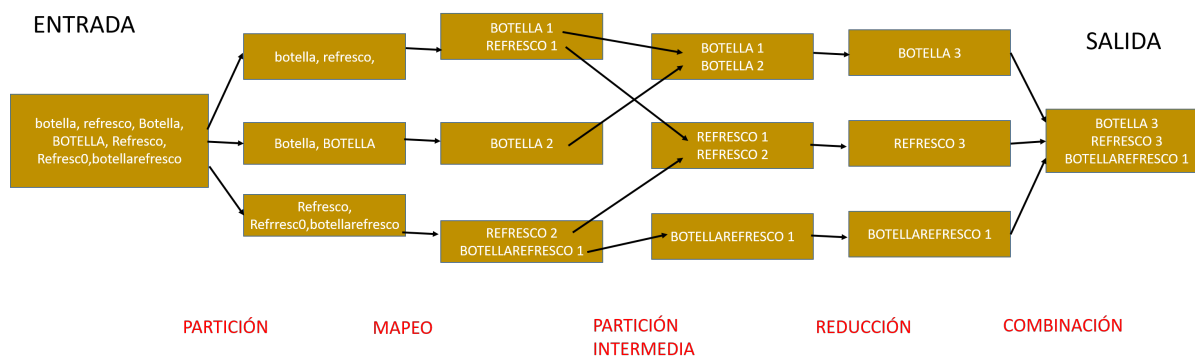


Figura 4.3: Funcionamiento completo de Hadoop, con todas sus operaciones

Funcionamiento completo de Hadoop, con todas sus operaciones se explicarán los módulos que ejecuta Hadoop de forma interna para una aplicación Map Reduce de forma breve.

1. **Partición:** Se requiere definir un parametro de partición, esto para que se puedan reconocer las unidades a analizar y con esto poder asignar tareas a los nodos. el parámetro de partición puede ser cualquier cosa, por ejemplo, dividir por espacio, coma, punto y coma, o incluso por una nueva línea (' n').
2. **Mapeo:** Se explico anteriormente en **WordCount con el uso de Map Reduce** Función Map.
3. **Partición intermedia:** Se busca generar grupos con los datos que después de pasar por el modulo de mapeo y tener la estructura de salida de este modulo tienen la misma CLAVE, al cumplir esta condición se asignan en el mismo grupo. Se generan tantos grupos como claves existan.
4. **Reducción:** Se explico anteriormente en **WordCount con el uso de Map Reduce** Función Reduce.
5. **Combinación:** Todos los datos de salida que arrojo la función de reducción son combinados y puestos en un solo grupo para generar un resultado final.

4.4. Desarrollo

Para que Instalar Apache Hadoop en la red distribuida en funcionamiento se siguió el Manual de Instalación de Luminus en sus secciones

4. Instalación de Apache Hadoop en el nodo maestro
 - 4.1. Instalación de Hadoop
 - 4.1.1. Configuración
 - 4.1.2. Archivos de configuración
5. Instalación de Apache Hadoop en los nodos de datos
 - 5.1. Instalación de Hadoop en los nodos de datos
 - 5.1.1. Configuración
6. Puesta en funcionamiento
 - 6.1. Puesta en funcionamiento del Cluster manejado por el Servidor Apache Hadoop

Las cuales nos permitirán instalar Apache Hadoop el cual tendrá al mismo tiempo todas las configuraciones necesarias requeridas para este proyecto, tanto en el nodo maestro como también en los nodos de datos/replica. Dentro del manual de instalación se explica para cada uno de los archivos de configuración de hadoop como es que estos se configuran y cual es el objetivo de cada configuración de manera detallada. Una vez que las configuraciones se hayan ejecutado de manera correcta y el cluster se encuentre en funcionamiento haciendo uso de hadoop, se subirá un archivo a la plataforma, esto se hará siguiendo el manual de instalación de luminus en la sección

6.2. Subir un archivo al HDFS

En el momento de subir el archivo al HDFS se puede comprobar que la red distribuida permite realizar esta operación para lo cual es indispensable comunicarse con todos los nodos que se encuentran dentro de la misma. Esto con el objetivo de realizar el almacenamiento de manera distribuida haciendo uso de todos los nodos de datos/replica. Por lo tanto se sabe que la red distribuida tiene conectividad y se encuentra funcionando de manera apropiada.

4.4.1. Algoritmo de prueba

El siguiente algoritmo escrito en JAVA servirá para comprobar que se pueden realizar operaciones sobre los datos que se encuentran en el cluster.

Como se explico en la sección [Diseño de pruebas de obtención de información](#) de este capitulo, se utilizará el algoritmo wordcount para cumplir con este objetivo. También, se menciono que las únicas secciones que se requiere programar para ejecutar un algoritmo de tipo map reduce es la función map y la función reduce. ya que hadoop se encarga de el resto de funciones.

Por otro lado se explico la forma en que este algoritmo en particular funcionar y un ejemplo de su funcionamiento en la imagen [Funcionamiento completo de Hadoop, con todas sus operaciones](#).

Se decidió que se considere que se encontró una palabra cada que aparezca una "," dentro del archivo como parámetro de la función de partición, esto debido a que cada atributo de la tabla de datos esta separado por una coma y esto nos permitiría comprobar cuantas veces aparece un atributo dentro del archivo en lugar de solamente conocer la repetición de las palabras por separado. Lo cual esta orientado para el archivo de datos del caso de estudio y nos puede dar información de la frecuencia con la que ciertos registros aparecen dentro del mismo.

El codigo JAVA para tal objetivo se puede visualizar en el [Anexo A:Codigo JAVA Map-Reduce](#) dentro del cual se pueden destacar algunas observaciones

- Se importan las librerías de Apache Hadoop para que pueda reconocerse que se trata de un programa Map Reduce que se ejecutará sobre este programa.
- Se tiene la clase main la cual principalmente manda a llamar a las clases map y reduce, establece los valores por defecto para empezar a contar, Establece los canales de lectura y escritura para que este pueda acceder a los archivos del cluster a analizar y pueda tambien escribir sus resultados.
- Se tiene la clase map la cual toma la palabra encontrada y le da la estructura (CLAVE, VALOR) , además de pasarla a mayúsculas para que considere que se trata de la misma palabra cuando tenga las mismas letras sin importar si originalmente estaba escrita en mayúsculas, minúsculas o una combinación de ambas.
- La clase reduce que cuenta cuantas veces se repiten en total las palabras en el grupo que se genero de todas las palabras iguales que se encontraron en cada uno de los nodos. para sacar una suma total para cada palabra del archivo.

Este algoritmo tiene que ser compilado ya sea con un IDE de java o directamente desde Hadoop para generar el jar que posteriormente sera ejecutado por Hadoop.

El codigo desde consola para generar este JAR es el siguiente.

```
bin/hadoop com.sun.tools.javac.Main [clase_principal_java].java
jar cf [Nombre_jar].jar [clase_principal_java]*.class
```

4.5. Pruebas

Una vez que se tiene el .JAR a ejecutar se puede hacer uso del siguiente comando para que este entre en funcionamiento dentro de la red distribuida.

```
yarn jar <ruta/a/archivo.jar> <NombreDeClase> <Parametros>
```

Para nuestro ejemplo especifico el comando seria:

```
root@maestro:/opt/hadoop/etc/hadoop: yarn jar /home/mayra/Escritorio/MRProgramsDemo.jar  
PackageDemo.WordCount "user/root/productos/inserts.txt" output6
```

output6 sera una carpeta que se creará en el sistema de archivos de HDFS para almacenar los resultados de salida. Esta carpeta puede tener el nombre que se desee y se asigna en esta sección, sin embargo, no puede existir dentro del sistema de archivos al momento de ejecutar este comando. La carpeta se creará en el directorio /user/root/nombreaksignado. Una vez que se ejecute esta instrucción se procederá a revisar las conexiones con los nodos y hacer los ajustes necesarios para comenzar a ejecutar este algoritmo. esta información de salida y el comienzo de la ejecución del algoritmo con la parte de la función map pueden verse en la imagen [Ejecución de algoritmo map reduce para contar palabras: Comenzando el proceso](#) este algoritmo. esto se hará para todos los porcentajes de la función map, una vez que estos finalicen, comenzará a ejecutar la función reduce y con ella sus porcentajes de progreso como se muestra en la imagen [Ejecución de algoritmo map reduce para contar palabras: Inicio de funcion reduce](#).

```

nodo3:38667          RUNNING          nodo3:8042
0
nodo2:44891          RUNNING          nodo2:8042
0
root@maestro:/opt/hadoop/etc/hadoop# yarn jar /home/maestro/Escritorio/MRProgramasDemo.jar PackageDemo.WordCount /user/luminus/datosproductos/all_data.csv /user/root/output6
2018-10-18 03:20:28,566 INFO client.RMProxy: Connecting to ResourceManager at maestro/192.168.1.88:8032
2018-10-18 03:20:29,501 INFO mapreduce.JobResourceUploader: Disabling Erasure Coding for path: /tmp/hadoop-yarn/staging/root/.staging/job_1539850756835_0001
2018-10-18 03:20:32,024 INFO input.FileInputFormat: Total input files to process : 1
2018-10-18 03:20:33,574 INFO mapreduce.JobSubmitter: number of splits:154
2018-10-18 03:20:33,791 INFO Configuration.deprecation: yarn.resourcemanager.system-metrics-publisher.enabled is deprecated. Instead, use yarn.system-metrics-publisher.enabled
2018-10-18 03:20:34,547 INFO mapreduce.JobSubmitter: Submitting tokens for job: job_1539850756835_0001
2018-10-18 03:20:34,554 INFO mapreduce.JobSubmitter: Executing with tokens: []
2018-10-18 03:20:34,917 INFO conf.Configuration: resource-types.xml not found
2018-10-18 03:20:34,918 INFO resource.ResourceUtils: Unable to find 'resource-types.xml'.
2018-10-18 03:20:35,281 INFO impl.YarnClientImpl: Submitted application application_1539850756835_0001
2018-10-18 03:20:35,328 INFO mapreduce.Job: The url to track the job: http://maestro:8088/proxy/application_1539850756835_0001/
2018-10-18 03:20:35,329 INFO mapreduce.Job: Running job: job_1539850756835_0001
2018-10-18 03:20:50,683 INFO mapreduce.Job: Job job_1539850756835_0001 running in uber mode : false
2018-10-18 03:20:50,694 INFO mapreduce.Job:  map 0% reduce 0%
2018-10-18 03:21:21,278 INFO mapreduce.Job:  map 1% reduce 0%
2018-10-18 03:21:27,533 INFO mapreduce.Job:  map 2% reduce 0%
2018-10-18 03:21:50,770 INFO mapreduce.Job:  map 3% reduce 0%
2018-10-18 03:22:20,359 INFO mapreduce.Job:  map 4% reduce 0%
2018-10-18 03:22:40,513 INFO mapreduce.Job:  map 5% reduce 0%
2018-10-18 03:22:53,605 INFO mapreduce.Job:  map 6% reduce 0%
2018-10-18 03:23:50,094 INFO mapreduce.Job:  map 7% reduce 0%
2018-10-18 03:23:56,136 INFO mapreduce.Job:  map 8% reduce 0%
2018-10-18 03:24:33,320 INFO mapreduce.Job:  map 9% reduce 0%
2018-10-18 03:24:52,391 INFO mapreduce.Job:  map 10% reduce 0%

```

Figura 4.4: Ejecución de algoritmo map reduce para contar palabras: Comenzando el proceso

```

2018-10-18 04:42:43,728 INFO mapreduce.Job: map 92% reduce 0%
2018-10-18 04:43:05,769 INFO mapreduce.Job: map 93% reduce 0%
2018-10-18 04:43:40,041 INFO mapreduce.Job: map 94% reduce 0%
2018-10-18 04:43:50,060 INFO mapreduce.Job: map 95% reduce 0%
2018-10-18 04:44:43,179 INFO mapreduce.Job: map 96% reduce 0%
2018-10-18 04:44:50,190 INFO mapreduce.Job: map 97% reduce 0%
2018-10-18 04:45:32,416 INFO mapreduce.Job: map 98% reduce 0%
2018-10-18 04:46:29,550 INFO mapreduce.Job: map 99% reduce 0%
2018-10-18 04:46:35,560 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 0%
2018-10-18 04:47:37,928 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 1%
2018-10-18 04:47:50,952 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 2%
2018-10-18 04:48:24,094 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 3%
2018-10-18 04:49:11,337 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 4%
2018-10-18 04:49:35,550 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 5%
2018-10-18 04:50:24,729 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 6%
2018-10-18 04:50:54,842 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 7%
2018-10-18 04:51:43,186 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 8%
2018-10-18 04:52:19,329 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 9%
2018-10-18 04:53:01,520 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 10%
2018-10-18 04:53:46,821 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 11%
2018-10-18 04:54:48,095 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 12%
2018-10-18 04:55:19,227 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 13%
2018-10-18 04:56:33,635 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 14%
2018-10-18 04:57:03,730 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 15%
2018-10-18 04:58:16,120 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 16%
2018-10-18 04:58:58,266 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 17%
2018-10-18 04:59:52,628 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 18%
2018-10-18 05:00:40,852 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 19%
2018-10-18 05:01:41,202 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 20%
2018-10-18 05:02:24,356 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 21%
2018-10-18 05:03:06,483 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 22%
2018-10-18 05:03:50,788 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 23%
2018-10-18 05:04:32,926 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 24%
2018-10-18 05:05:39,345 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 25%
2018-10-18 05:06:21,460 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 26%
2018-10-18 05:07:15,633 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 27%
2018-10-18 05:08:16,934 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 28%
2018-10-18 05:08:47,024 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 29%
2018-10-18 05:09:53,429 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 30%
2018-10-18 05:10:41,565 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 31%

```

Figura 4.5: Ejecución de algoritmo map reduce para contar palabras: Inicio de funcion reduce

Cuando se complete la función reduce procederá a notificar que el algoritmo fue ejecutado correctamente y mostrará estadísticas de:

- File System Counter
- Job Counter
- MapReduce Framework

Dichas estadísticas y resultados finales para este algoritmo se muestran en las figuras [Ejecución de algoritmo map reduce para contar palabras: Termina la ejecución del algoritmo](#) y [Ejecución de algoritmo map reduce para contar palabras: Estadísticas](#)

```

2018-10-18 05:42:11,402 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 99%
2018-10-18 05:42:29,432 INFO mapreduce.Job: map 100% reduce 100%
2018-10-18 05:43:25,002 INFO mapreduce.Job: Job job_1539850756835_0001 completed successfully
2018-10-18 05:43:27,429 INFO mapreduce.Job: Counters: 57
    File System Counters
        FILE: Number of bytes read=77218820448
        FILE: Number of bytes written=103931282332
        FILE: Number of read operations=0
        FILE: Number of large read operations=0
        FILE: Number of write operations=0
        HDFS: Number of bytes read=20664348064
        HDFS: Number of bytes written=212338004
        HDFS: Number of read operations=467
        HDFS: Number of large read operations=0
        HDFS: Number of write operations=2
    Job Counters
        Killed map tasks=23
        Killed reduce tasks=1
        Launched map tasks=176
        Launched reduce tasks=2
        Other local map tasks=21
        Data-local map tasks=154
        Rack-local map tasks=1
        Total time spent by all maps in occupied slots (ms)=16923807
        Total time spent by all reduces in occupied slots (ms)=1447493
    Map-Reduce Framework
        Map input records=62530716
        Map output records=1015403483
        Map output bytes=24648238567
        Map output materialized bytes=26679114886
        Input split bytes=19250
        Combine input records=0
        Combine output records=0

```

Figura 4.6: Ejecución de algoritmo map reduce para contar palabras: Termina la ejecución del algoritmo


```

Total megabyte milliseconds taken by all reduce tasks=3671922
50
Map-Reduce Framework
  Map input records=62530716
  Map output records=1015403483
  Map output bytes=24648238567
  Map output materialized bytes=26679114886
  Input split bytes=19250
  Combine input records=0
  Combine output records=0
  Reduce input groups=7676839
  Reduce shuffle bytes=26679114886
  Reduce input records=1015403483
  Reduce output records=7676839
  Spilled Records=3946856040
  Shuffled Maps =154
  Failed Shuffles=0
  Merged Map outputs=154
  GC time elapsed (ms)=135866
  CPU time spent (ms)=5140450
  Physical memory (bytes) snapshot=63333994496
  Virtual memory (bytes) snapshot=358570815488
  Total committed heap usage (bytes)=50046279680
  Peak Map Physical memory (bytes)=435355648
  Peak Map Virtual memory (bytes)=2311077888
  Peak Reduce Physical memory (bytes)=1119645696
  Peak Reduce Virtual memory (bytes)=2891509760
Shuffle Errors
BAD_ID=0

```

Figura 4.7: Ejecución de algoritmo map reduce para contar palabras: Estadísticas

Ahora, para poder visualizar el resultado de este algoritmo se puede hacer un listado de los archivos que contiene el directorio de salida que se creo, para ello se utiliza el comando siguiente

```
root@maestro:/opt/hadoop/etc/hadoop:hdfs dfs -ls /user/root/output6
```

Con lo cual se genera la salida que se despliega en la imagen 4.8 la cual muestra que la operación fue exitosa y las dimensiones generadas para el archivo de salida.

```

root@maestro:/opt/hadoop/etc/hadoop# hdfs dfs -ls /user/root/output6
Found 2 items
-rw-r--r--  2 root supergroup          0 2018-10-18 05:42 /user/root/output6/
SUCCESS
-rw-r--r--  2 root supergroup 212338004 2018-10-18 05:42 /user/root/output6/
part-r-00000

```

Figura 4.8: Contenido del directorio de salida

Debido a que se trata de un archivo muy grande, para efectos de simplificación solo se mostrará en este documento un fragmento de dicho archivo que deje ver el trabajo que fue realizado dicho fragmento se muestra en la imagen 4.9. Dentro de esta imagen podemos ver por ejemplo, cuantas veces aparecen determinados precios dentro del archivo, direcciones o bien descripciones de productos, entre otros.

Por lo cual se puede ver que el archivo fue estudiado en su totalidad y que se tienen coincidencias para diferentes entradas que se encontraban dentro del archivo.

Un resultado interesante obtenido que se puede observar en la imagen 4.10 es que, al menos para este archivo la fecha de registro es irrelevante pues para cada articulo se tiene una diferente o bien comparten una misma fecha cuando la hora establecida es 0hrs para una gran cantidad de registros que fueron dados de alta el mismo día, pero en realidad


```

part-r-00000 (~/VÍdeos) - gedit
Abrir ▾  Guardar

"1996.65" 20
"19963/ 19934 ASST. MARVEL. SUPER HERO SQUAD. QUINJET" 11
"1997.00" 10
"19977. BEYBLADE. MOBILE BEYSTADIUM" 25
"19979.10" 2
"1998.00" 152
"19980. BEYBLADE. SUPER VORTEX BATTLE SET" 8
"19987. TONKA CHUCK & FRIENDS. ROWDY EL CAMION DE BASURA" 171
"19988.00" 2
"1999.00" 1272
"1999.20" 66
"1999.50" 6
"19990.00" 78
"19998.00" 22
"19998.30" 2
"19999.00" 88
"19999.20" 90
"10. DE MAYO NO. 2 20 DE NOVIEMBRE ESQ. PORFIRIO DIAZ" 24
"10. DE MAYO 200 38266
"10. DE MAYO MZ-C 24-B ESQ. TENANGO DEL VALLE 59318
"10. DE MAYO NO. 18 ESQUINA ALLENDE 30
"10. DE MAYO NO. 18 ESQUINA ALLENDE" 2295
"2 CAJAS CON 14 CAPSULAS DE 20 MG. C/U" 30747
"2 CAJAS CON 30 TABLETAS C/U DE 10 MG." 28985
"2 CAJAS CON 30 TABLETAS C/U DE 20 MG." 28407
"2 CAJAS CON 8 COMPRIMIDOS C/U DE 400 MG.-100 MG." 30791
"2 FCOS AMP DE 20 MG." 11
"2 ORIENTE NO. 225 122
"2 ORIENTE NO. 225" 548
"2 PLIEGOS" 1225
"2 PLIEGOS. CARTULINA" 3771
"2 PONIENTE 704 3
"2 PTE. NO. 704 187
"2.00" 248
"2.03" 2
"2.05" 18

```

Figura 4.9: Contenido del archivo de resultados

no proporciona información real de los artículos y genera mucho ruido en el archivo.

Existen mas entradas de fechas que información de los productos, comportamiento que dificultaría el análisis de los datos en un futuro por lo cual este atributo sera retirado del archivo correspondiente al caso de estudio. Con lo que

"2015-09-23 17:30:10.397"	1
"2015-09-23 17:30:12.187"	1
"2015-09-23 17:30:15.047"	1
"2015-09-24 00:00:00.000"	87671
"2015-09-25 00:00:00.000"	73318
"2015-09-25 09:36:52.837"	1
"2015-09-25 12:49:06.920"	1
"2015-09-25 12:49:07.767"	1
"2015-09-25 12:49:14.497"	1
"2015-09-25 12:49:28.077"	1
"2015-09-25 12:49:29.027"	1
"2015-09-25 12:49:52.087"	1
"2015-09-25 12:50:07.230"	1
"2015-09-25 12:51:17.713"	1
"2015-09-25 12:51:22.007"	1
"2015-09-25 12:51:23.080"	1
"2015-09-25 12:51:26.690"	1
"2015-09-25 12:52:03.880"	1
"2015-09-25 12:52:28.507"	1
"2015-09-25 12:52:29.143"	1
"2015-09-25 12:53:02.143"	1
"2015-09-25 13:15:48.707"	1
"2015-09-25 13:45:30.567"	1
"2015-09-25 14:48:43.067"	1
"2015-09-25 14:50:48.520"	1
"2015-09-25 14:50:49.510"	1
"2015-09-25 14:50:50.840"	1
"2015-09-25 15:00:21.033"	1
"2015-09-25 15:03:53.300"	1
"2015-09-25 15:47:18.000"	1

Figura 4.10: Fechas de registro en el archivo de resultados

podemos concluir:

- El cluster funciona correctamente
- Existe comunicación entre los nodos
- Los nodos de datos/replica son capaces de identificar al nodo maestro y recibir instrucciones de el
- El nodo maestro es capaz de comunicar trabajos a los nodos de datos/replica y de interpretar los resultados de sus trabajos de manera satisfactoria
- Se tiene el archivo del caso de estudio almacenado de manera distribuida en los nodos
- El archivo del caso de estudio es accesible y se pueden ejecutar operaciones sobre de el

Por lo tanto, el prototipo dos concluye de manera exitosa

5.1. Descripción del prototipo

Uno de los objetivos de la realización de este trabajo terminal es permitir al usuario empezar a hacer uso de Big Data de una manera sencilla y sin demasiadas complicaciones. Por lo que se comenzó el desarrollo de un instalador que simplifique el proceso de puesta en marcha del ambiente de análisis de datos.

Podría decirse que la utilidad de este prototipo se refleja al comparar el número de pasos que se enuncian en el manual de instalación de *Luminus*, contra el número de pasos que se siguen al utilizar el instalador.

En este punto del trabajo terminal, este prototipo se encuentra en una fase aún experimental, sin embargo logra el cometido de simplificar el proceso de puesta en marcha.

5.2. Análisis

La manera en que se pretende que el instalador simplifique el proceso de instalación es automatizando algunas tareas que de otra forma el usuario tendría que realizar una a una, existiendo así la posibilidad de que éste mismo cometa algún error u omita algún paso, y por lo tanto, el ambiente de análisis de datos no pueda ponerse en funcionamiento. Existen diferentes tecnologías para solventar la instalación y configuración de un conjunto previamente determinado, por ejemplo, Docker.

Sin embargo, para el uso de Big Data se utilizan tecnologías como Apache Hadoop o Apache Spark, mismas que, la instalación y puesta en marcha con Docker se encuentran en fase experimental lo que significa que no es consistente y generaría muchos problemas al momento de querer utilizarlo [19].

Para solventar esto, se decidió hacer uso del Shell Script de Unix/Linux el cual es simplemente un programa que lee los comandos que se teclean y los convierte en una forma mas entendible para el sistema Unix/Linux. También incluye algunas sentencias básicas de programación que permiten: tomar decisiones, realizar ciclos y almacenar valores en variables [20].

Por lo que, dadas las características de Shell a pesar de que este es la forma mas rudimentaria re realizar esta tarea, es la que mejores resultados ofrece para las tecnologías que estamos utilizando.

Utilizar Shell Script por otro lado, implica complicaciones ya que todo lo que el script haga, tendrá que ser programado, y esto implica un gran número de validaciones que de utilizar otras tecnologías no se tendría que realizar, ya que la tecnología por si misma lo resuelve.

5.3. Diseño

La funcionalidad completa del instalador no se encuentra terminada por el momento además de que por ahora solo se tiene contemplada la instalación de los prototipos **Evaluación y definición de requerimientos de la red distribuida** y **Integración de requerimientos de la red distribuida**.

El instalador, contempla incluir todos los prototipos de este Trabajo Terminal, sin embargo, debido a que aun no se han finalizado todos los prototipos y se desconocen detalles de los mismos por el momento, no se encuentran incluidos en el diseño actual del instalador.

En el diagrama de flujo que se muestra en la figura 5.1 se puede apreciar el diseño actual del instalador.

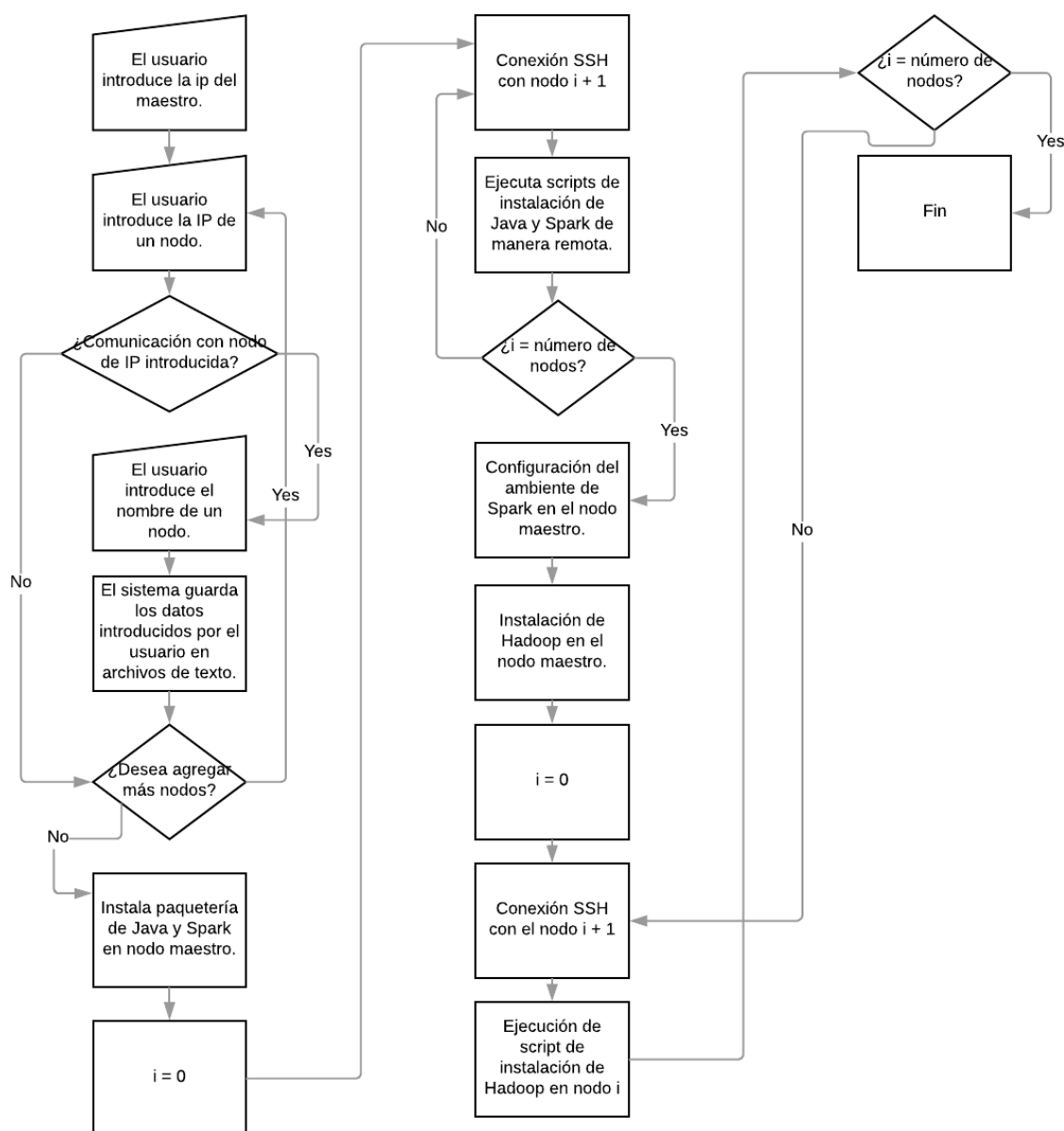


Figura 5.1: Diagrama de flujo del instalador.

Como se puede ver en el mismo los pasos de instalación y configuración de las tecnologías se lleva a cabo de igual forma como lo haría el manual de instalación de Luminus, sin embargo se busca que no se haga ninguna configuración directamente sobre los nodos de datos/replica por lo que se pide la dirección IP de los mismos.

Para que el nodo maestro pueda comunicarse remotamente a los nodos de datos/replica y realizar las instalaciones y configuraciones pertinentes.

Se puede ver como las entradas y salidas del diagrama de flujo con respecto a la intervención del usuario en el manual de instalación actual de Luminus, disminuyen demasiado.

5.4. Desarrollo

El código fuente se escribió en Shell Script este contiene los siguientes pasos que se enuncian en el instalador de Luminus.

- 1 Instalación de Apache Spark en el nodo
 - 1.1. Instalación de la paquetería de java
 - 1.2. Instalación de la paquetería de SSH
 - 1.2.1. Configuración
 - 1.2.2. Conexión
 - 1.3. Instalación de Spark
 - 1.3.1. Configuración maestro
2. Instalación de Apache Spark en los nodos de datos
 - 2.1. Instalación de la paquetería de java en los nodos de datos
 - 2.2. Instalación de la paquetería de SSH en los nodos de datos
 - 2.3. Instalación de Spark en los nodos de datos
 - 2.3.1. Configuración
3. Puesta en funcionamiento
 - 3.1. Configuraciones para poner en funcionamiento Apache Spark en la red distribuida

Las cuales nos permitirán instalar Apache Spark para permitir la conexión entre los nodos de datos/replica y el maestro haciendo uso de una red de internet local en la que se encuentren conectados todos los nodos.

Además de contener todas las configuraciones necesarias para tal objetivo.

El código fuente actual de este desarrollo se puede consultar en el anexo 9.2.

Con esto, se logra que el usuario final realice menos pasos de los que tendrían que llevarse a cabo si se siguiera el manual de instalación directamente.

Los repositorios que se utilizan para tal objetivo, son los mismos que los que se enuncian en el manual de instalación. es de nuestro conocimiento que no se puede confiar en que estos repositorios se encuentren disponibles en el momento en que el usuario experto desee realizar la instalación de *Luminus* se buscará la forma de solventar esta problemática.

5.5. Pruebas

Se presenta a continuación un ejemplo de instalación con el proceso actual a seguir por parte del instalador, así como una descripción de los pasos que este ejecuta.

El instalador será ejecutado solamente desde la máquina que ocupe el rol de nodo maestro de la red distribuida haciendo uso de su terminal con privilegios de super usuario y ejecutando el siguiente comando.

```
./lum-ins.sh
```

Éste preguntará al usuario por la IP del nodo maestro. Luego preguntará por las IPs de los nodos que conformarán la red distribuida. Cada que el usuario introduzca una IP, el prototipo hará un ping para comprobar si hay conexión con el nodo cuya IP se desea agregar a la red distribuida. Si hay respuesta por parte del nodo en cuestión, se procede a almacenar ese dato en un archivo y se le pregunta al usuario si desea agregar otro nodo. Si su respuesta es afirmativa, este proceso se repite.

El instalador, es capaz de detectar cuando la IP introducida no corresponde a un Host que se encuentre dentro de la

red local y notifica al usuario experto de esto, como se muestra en la figura 5.5, sin embargo, la salida cuando se puede encontrar el host es diferente, como se puede observar en la figura 5.5.

```

root@maestro: /home/maestroluminuscom/tt/TT-Luminus/version4
root@maestro: /home/maestroluminuscom/tt/TT-Luminus/version4# ./lum-ins.sh
***** Bienvenido a Luminus *****
Introduce la ip del nodo maestro:
192.168.0.9
Introduce el nombre del nodo maestro:
maestroluminuscom
Introduce la ip del nodo 1:
192.168.0.12
PING 192.168.0.12 (192.168.0.12) 56(84) bytes of data.

--- 192.168.0.12 ping statistics ---
1 packets transmitted, 0 received, +1 errors, 100% packet loss, time 0ms

Host no encontrado.
Si desea agregar otro nodo escriba 1. Si no, escriba 0. (1/0)

```

Figura 5.2: El usuario introdujo la IP de un host no encontrado.

```

root@maestro: /home/maestroluminuscom/tt/TT-Luminus/version4
Introduce el nombre del nodo maestro:
maestroluminuscom
Introduce la ip del nodo 1:
192.168.0.12
PING 192.168.0.12 (192.168.0.12) 56(84) bytes of data.

--- 192.168.0.12 ping statistics ---
1 packets transmitted, 0 received, +1 errors, 100% packet loss, time 0ms

Host no encontrado.
Si desea agregar otro nodo escriba 1. Si no, escriba 0. (1/0)
1
Introduce la ip del nodo 1:
192.168.0.10
PING 192.168.0.10 (192.168.0.10) 56(84) bytes of data.

--- 192.168.0.10 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.295/0.295/0.295/0.000 ms
Host encontrado!
Introduzca el nombre del host:
nodo
Si desea agregar otro nodo escriba 1. Si no, escriba 0. (1/0)

```

Figura 5.3: El usuario introdujo la IP de un host encontrado.

Posteriormente, cuando ya no se deseen agregar más nodos, el instalador ejecutará varios scripts de instalación en el nodo maestro, desde donde fue ejecutado proceso que puede ser observado en la imagen 5.5.

```

root@maestro: /home/maestroluminuscom/tt/TT-Luminus/version4
Resolving d3kbcqa49mib13.cloudfront.net (d3kbcqa49mib13.cloudfront.net)... 143.2
04.165.85, 143.204.165.100, 143.204.165.181, ...
Connecting to d3kbcqa49mib13.cloudfront.net (d3kbcqa49mib13.cloudfront.net)|143.
204.165.85|:80.. connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 195636829 (187M) [application/x-tar]
Saving to: 'spark-2.1.0-bin-hadoop2.7.tgz'
/opt/spark/conf/slaves
58 0K ..... 0% 778K 4m6s
59 50K ..... 0% 897K 3m49s
6 100K ..... 0% 3.20M 2m52s
6 150K ..... 0% 1.16M 2m49s
6 200K ..... 0% 7.35M 2m20s
6 250K ..... 0% 4.43M 2m4s
6 300K ..... 0% 1.74M 2m2s
6 350K ..... 0% 1.76M 2m0s
6 400K ..... 0% 6.68M 1m49s
6 450K ..... 0% 6.28M 1m41s
6 500K ..... 0% 1.34M 1m45s
6 550K ..... 0% 3.75M 1m40s
6 600K ..... 0% 3.48M 96s
6 650K ..... 0% 875K 1m45s
6 700K ..... 0% 3.73M 1m41s
6 750K ..... 0% 3.04M 99s

```

Figura 5.4: Comienza el proceso de instalación.

Estos scripts instalarán las tecnologías necesarias para que *Luminus* pueda funcionar de manera adecuada. Estas tecnologías son las siguientes:

1. SSH.
2. Java.
3. Scala.
4. Spark.

Después se procede a establecer conexiones SSH con los nodos de la red. Mediante SSH se ejecutan los mismos scripts que se ejecutaron en el nodo maestro pero de manera remota, es decir, sin la necesidad de tener almacenado el script en el nodo donde se va a iniciar la puesta en marcha del ambiente de análisis de datos.

Posteriormente se configura Spark en el nodo maestro, es decir, se asignan roles a los nodos de la red que introdujo el usuario al sistema en un principio.

Finalmente se realiza la instalación y configuración de Hadoop en el nodo maestro. Y por último en los nodos de datos/replica.

Una vez que este proceso de instalación finaliza se tiene instalado los prototipos **Evaluación y definición de requerimientos de la red distribuida** y **Integración de requerimientos de la red distribuida** los cuales tendrán todas las configuraciones necesarias para que luminus pueda funcionar correctamente.

6.1. Pruebas

Durante el desarrollo de los prototipos 1 y 2

CAPÍTULO 7

Conclusiones

7.1. Conclusiones

8.1. Trabajo a futuro

8.1.1. Prototipo 3: Página web y algoritmos de minería de datos

Se pretende desarrollar este prototipo en Trabajo Terminal 2 el cual incluirá las siguientes tareas:

- Hacer uso de un algoritmo de los tipos de algoritmos de minería de datos que se enlistan a continuación
 - Reglas de asociación
 - Árboles de decisión

escrito en java que se adapte al caso de estudio así como su personalización para que pueda ser adaptado a otros casos de estudio de manera sencilla.

- Elaboración de las pantallas que conformarán el sitio web, diseño, estructura y contenido que aun no estarán integradas a Luminus por lo tanto, no serán funcionales.

8.1.2. Prototipo 4: Algoritmos de minería de datos desde una pagina web

Se pretende desarrollar este prototipo en Trabajo Terminal 2 el cual comprende el desarrollo de la siguiente tarea:

Integrar los 2 puntos comprendidos en el prototipo 3 los cuales pueden ser consultados en la sección anterior 8.1.1 de tal forma que los algoritmos de minería de datos puedan ser accedidos y utilizados desde la pagina web elaborada.

Además de que estos algoritmos se ejecutarán en el cluster generado en los prototipos Prototipo 1 *Evaluación y definición de requerimientos de la red distribuida* y Prototipo 2 *Integración de requerimientos de la red distribuida* desarrollados en trabajo terminal 1.

8.1.3. Prototipo 5: Luminus

Este prototipo se encontraba diseñado unicamente para convertir este proyecto a un ambiente de análisis de datos adaptable a otros casos de estudio, sin embargo, se vio la necesidad de crear un instalador que permita cargar todo el contenido del Trabajo Terminal al equipo del cliente para que este pueda utilizarlo.

Esto con el objetivo de que, el instalador cargue a su equipo todo lo que Luminus necesita para funcionar.

Una vez que la instalación finalice unicamente se trabajará sobre la plantilla de ajuste.

Por tal motivo se explicarán los alcances de la plantilla y del instalador por separado.

Plantilla de ajuste

Para la parte de la plantilla de ajuste se busca que se diseñe una plantilla que tenga como entradas los parámetros necesarios para permitir la adaptación para otros casos de estudio a los algoritmos de Big Data, ya que estos tienen diferentes entradas para cada algoritmo y que además cambian para cada caso de estudio.

Por lo que será necesario definir las entradas necesarias para cada algoritmo y la forma en la que estas pueden interactuar entre diferentes casos de estudio.

Y con ella únicamente se tendrán que establecer dichos valores para que el ambiente de Big Data pueda ponerse a trabajar y ofrecer resultados que se ajusten a cada conjunto de datos en el caso de estudio que se desee aplicar.

Instalador

Un instalador suele ser un sistema bastante complejo, ya que realiza las siguientes tareas:

- Instalación de software
- Ejecuta comandos en el shell de la computadora
- Verifica software que ya está instalado en la computadora y generalmente es capaz de cambiar la versión

Se tiene una parte del instalador desarrollada en Trabajo Terminal 1 la cual carece de robustez, por lo que se pretende que durante el desarrollo del Trabajo Terminal 2, este se vuelva más robusto de lo que es ahora, es decir:

- Que sea capaz de reanudar el proceso de instalación cuando éste haya sido interrumpido. Ya sea por decisión del usuario o por un error en el proceso de instalación. El instalador, debe retomar el proceso a partir del punto en el que fue interrumpido.
- Que pueda agregar nodos a la red y remover nodos de la red.
- Que sea capaz actualizar las IPs de los nodos cuando exista algún cambio en ellas.
- Que pueda identificar si alguna de las tecnologías requeridas para la instalación de Luminus, ya existe en alguno de los nodos. De ser así, se validará la versión de la tecnología en cuestión. Si la versión es diferente a la que necesita Luminus, se pregunta al usuario si desea conservar su versión del software, o la versión necesaria para Luminus. Si la versión del software previamente instalada es la correcta, se notifica que Luminus no instaló esa tecnología.

Por otro lado, se agregarán al instalador todos los prototipos contenidos en el trabajo terminal.

8.1.4. Propuesta de trabajo a futuro para contribuir a esta idea

En este trabajo a pesar de que se intenta cubrir la mayor cantidad de puntos posibles quedarían abiertos otros puntos a desarrollar. Algunos de los puntos que se sugieren para trabajar posteriormente se listan a continuación:

- Hacer un estudio de la cantidad de nodos mas apropiada para un cluster distribuido, antes de que este deje de ser efectivo para entonces recomendar no exceder este numero de equipos.
- Llevar a cabo un análisis completo de cuales son las características mas apropiadas y que impliquen el menor costo posible en la adquisición y mantenimiento de las computadoras que trabajaran en la red distribuida. Con ello ofrecer una propuesta a las empresas, para que consigan equipos de compute con estas características y con ello obtener el mejor rendimiento optimizando su inversión
- Hacer una implementación diferente del instalador de *luminus* haciendo uso incluso de otra tecnología que permita hacer validaciones de errores de forma completa y contemplando una mayor cantidad de casos para que este pueda ser mas efectivo.
- Realizar el desarrollo y adaptación a Luminus de otros algoritmos de minería de datos ya sea de arboles de decisión o de reglas de asociación o bien crear un nuevo conjunto de algoritmos.
Para que el análisis que se realice a los datos pueda llegar a ser mas completo y existan mas opciones para el usuario experto de algoritmos a aplicar a su caso de estudio.

- Realizar una implementación que permita obtener automáticamente datos de una fuente externa y los actualice en tiempo real dentro del repositorio de datos. Esto para empresas que poseen datos cambiantes y requieren actualización constante de los mismos.

Cabe señalar que además de estas propuestas existen muchas otras que pueden adaptarse a este proyecto y ampliarlo para diferentes finalidades. Las posibilidades son prácticamente infinitas y dependen directamente de las necesidades específicas de cada usuario o empresa.

Las propuestas que aquí se señalan son ideas que se encontraron durante el desarrollo del proyecto y que se considera pueden contribuir en gran medida al mismo tomando en cuenta los objetivos que se establecieron.

Bibliografía

- [1] M. Mittal, V.E. Balas, D.J. Hemanth (2018) *Data Intensive Computing Applications for Big Data*, 2018.
- [2] Manieviesa, P, 2017 *El Big Data en las empresas*, Septiembre 21, 2017 Pymerang.com. Sitio web: <http://www.pymerang.com/direccion-de-negocios/821-el-big-data-en-las-empresas>.
- [3] Joyanes, L (2016) «Big Data, Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones», *AlfaOmega*,
- [4] PowerData, S/A *Big Data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad*, Septiembre 14, 2017 Pymerang.com. Sitio web: <http://www.powerdata.es/big-data>.
- [5] KNIME, (2017) *open for innovation KNIME*, Octubre 6, 2017, de KNIME Sitio web: <https://www.knime.com/>
- [6] IBM,(2017) *IBM SPSS Modeler*, Octubre 6, 2017,de IBM Sitio web. <https://www.ibm.com/es-es/marketplace/spss-modeler/purchase#product-header-top>
- [7] QlikSense,(2017) *Simple to use. More power than you can imagine*, Septiembre 14,2017, de QlikSense. Sitio web: <http://www.qlik.com/>
- [8] Databricks, (2018) *Databricks Unified Analytics Platform*, Agosto 3, 2018, de Databricks. Sitio web: <https://databricks.com/product/unified-analytics-platform>
- [9] Cloudera, (2018), *About Cloudera*, Enero 23, 2018, de Cloudera. Sitio web: <https://www.cloudera.com/more/about.html>
- [10] Hortonworks, (2018), *Hortonworks Data Platform*, Junio 14, 2018, de Hortonworks. Sitio web: <https://es.hortonworks.com/products/data-platforms/hdp/>
- [11] Databricks, (2018), *Launch cloud-optimized Apache Spark™ clusters in minutes*, Septiembre 20, 2018, de Databricks. Sitio web: <https://databricks.com/try-databricks>
- [12] Cloudera, (2018), *Download Cloudera*, Septiembre 10, 2018, de Cloudera. Sitio web: <https://www.cloudera.com/downloads.html>
- [13] Hortonworks, (2018), *Descargas de las plataformas de datos conectadas de Hortonworks*, Agosto 1, 2018, de Hortonworks. Sitio web: <https://es.hortonworks.com/downloads/>
- [14] Data Science,(2017) *Does a big data virtual machine machine help in analyzing large files*, Septiembre 14, 2017, de Data Science StackExchange. Sitio web <https://datascience.stackexchange.com/questions/14993/does-a-big-data-virtual-machine-machine-help-in-analyzing-large-file>
- [15] Srinivasan, V. (2016) «The Intelligent Enterprise in the Era of Big Data.», Canada: John Wiley & Sons.
- [16] Manchónn M.,(2017) *Las empresas y el reto del big data: sólo usan el 1 % de los datos.*, Junio 6, 2017, de EDeconomíaDigital Sitio web: https://www.economiadigital.es/directivos-y-empresas/empresas-big-data-uno-por-ciento_408504_102.html

- [17] García, S.(2017) *Big Data: realidades, retos y limitaciones*, Julio 16, 2017, de Excelsior Sitio web: <http://www.excelsior.com.mx/opinion/opinion-del-experto-nacional/2017/07/16/1175906>
- [18] Max,D.(2017) *An overview of Distributed Computing frameworks.*, Agosto 18, 2017, de <https://users.cs.duke.edu> Sitio web: <https://users.cs.duke.edu/~maxdml/drupal/?q=distributed-computing-intro>
- [19] The Apache Software Foundation (2018) *Launching Applications Using Docker Containers*, Marzo 16, 2018, de Apache Hadoop. Sitio web: <https://hadoop.apache.org/docs/r3.0.1/hadoop-yarn/hadoop-yarn-site/DockerContainers.html>
- [20] Santos A *Programación Shell*, Septiembre 12, 2018, de freeshell.de. Sitio web: www.freeshell.de/~rasoda/programacion/guia-shell.pdf
- [21] Oracle (2017) *The Definition of Big Data*, Marzo 22, 2017, de Oracle. Sitio web: <https://www.oracle.com/big-data/guide/what-is-big-data.html>
- [22] Oracle (2017) *Big Data Use Cases*, Abril 14, 2017, de Oracle. Sitio web: <https://www.oracle.com/big-data/guide/big-data-use-cases.html>
- [23] Sinnexus (2016) *Datamining (Minería de datos)*, Marzo 6, 2016 de Sinnexus. Sitio web: https://www.sinnexus.com/business_intelligence/datamining.aspx
- [24] Microsoft (2017) *Conceptos de minería de datos*, Julio 22, 2017, de Microsoft. Sitio web: <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/analysis-services/data-mining/data-mining-concepts?view=sql-server-2017>
- [25] GestionDeOperaciones (2016) *Árbol de Decisión (Qué es y para qué sirve)*, Marzo 17, 2016 de www.gestiondeoperaciones.net. Sitio web: <https://www.gestiondeoperaciones.net/procesos/arbol-de-decision/>
- [26] LucidChart (2016) *Qué es un diagrama de árbol de decisión*, Diciembre 12, 2016, de LucidChart. Sitio web: <https://www.lucidchart.com/pages/es/qu%C3%A9-es-un-diagrama-de-%C3%A1rbol-de-decisi%C3%B3n>
- [27] Sefik Ilkin Serengil (2017) *A Step by Step ID3 Decision Tree Example*, Noviembre 20, 2017, de Sefik Ilkin Serengil. Sitio web: <https://sefiks.com/2017/11/20/a-step-by-step-id3-decision-tree-example/>
- [28] Sefik Ilkin Serengil (2018) *A Step By Step C4.5 Decision Tree Example*, Mayo 13, 2018, de Sefik Ilkin Serengil. Sitio web: <https://sefiks.com/2018/05/13/a-step-by-step-c4-5-decision-tree-example/>
- [29] Deephanshu Bhalla (2016) *K NEAREST NEIGHBOR : STEP BY STEP TUTORIAL*, Septiembre 30, 2016, de Deephanshu Bhalla. Sitio web: <https://www.listendata.com/2017/12/k-nearest-neighbor-step-by-step-tutorial.html>
- [30] Andrea Trevino (2016) *Introduction to K-means Clustering*, Diciembre 6, 2016, de Oracle. Sitio web: <https://www.datascience.com/blog/k-means-clustering>
- [31] IBM, (2018) *Apache MapReduce*, Febrero 8, 2018, de IBM. Sitio web: <https://www.ibm.com/analytics/hadoop/mapreduce>
- [32] Abraham Requena Mesa (2017) *¿Qué es Hadoop?*, Septiembre 28, 2017, de OpenWebinars. Sitio web: <https://openwebinars.net/blog/que-es-hadoop/>
- [33] Abraham Requena Mesa (2018) *Qué es Apache Spark*, Julio 02, 2018 de OpenWebinars. Sitio web: <https://openwebinars.net/blog/que-es-apache-spark/>
- [34] David Loshin (2017) *Explorando distribuciones Hadoop para gestionar big data*, Mayo 30, 2017, de SearchDataCenter. Sitio web: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Explorando-distribuciones-Hadoop-para-gestionar-big-data>
- [35] Microsoft (2018) *What is a server cluster?*, Mayo 28, 2018, de Microsoft. Sitio web: [https://technet.microsoft.com/pt-pt/library/cc785197\(v=ws.10\).aspx](https://technet.microsoft.com/pt-pt/library/cc785197(v=ws.10).aspx)
- [36] BTECH (2010) *What is Computing Environment?*, Julio 12, 2010, de BTECH. Sitio web: <http://btechsmartclass.com/CP/computing-environments.htm>
- [37] Devin Soni (2018) *Introduction to Bayesian Networks*, Junio 8, 2018, de Towards Data Science. Sitio web: <https://towardsdatascience.com/introduction-to-bayesian-networks-81031eed94e>

9.1. Anexo A: Código JAVA Map-Reduce

```
package PackageDemo;

import java.io.IOException;
import org.apache.hadoop.conf.Configuration;
import org.apache.hadoop.fs.Path;
import org.apache.hadoop.io.IntWritable;
import org.apache.hadoop.io.LongWritable;
import org.apache.hadoop.io.Text;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Job;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Mapper;
import org.apache.hadoop.mapreduce.Reducer;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.input.FileInputFormat;
import org.apache.hadoop.mapreduce.lib.output.FileOutputFormat;
import org.apache.hadoop.util.GenericOptionsParser;

public class WordCount {

    public static void main(String [] args) throws Exception

    {
```

```
Configuration c=new Configuration();

String [] files=new GenericOptionsParser(c,args).getRemainingArgs();

Path input=new Path(files[0]);

Path output=new Path(files[1]);

Job j=new Job(c,"wordcount");

j.setJarByClass(WordCount.class);

j.setMapperClass(MapForWordCount.class);

j.setReducerClass(ReduceForWordCount.class);

j.setOutputKeyClass(Text.class);

j.setOutputValueClass(IntWritable.class);

FileInputFormat.addInputPath(j, input);

FileOutputFormat.setOutputPath(j, output);

System.exit(j.waitForCompletion(true)?0:1);

}

public static class MapForWordCount extends Mapper<LongWritable, Text,
Text, IntWritable>{

    public void map(LongWritable key, Text value, Context con) throws
IOException, InterruptedException

    {

        String line = value.toString();

        String [] words=line.split(",");

        for(String word: words )

        {

            Text outputKey = new Text(word.toUpperCase().trim());

            IntWritable outputValue = new IntWritable(1);

            con.write(outputKey, outputValue);

        }

    }

}
```

```
}

public static class ReduceForWordCount extends Reducer<Text,
    IntWritable, Text, IntWritable>

{
    public void reduce(Text word, Iterable<IntWritable> values, Context
        con) throws IOException, InterruptedException
    {
        int sum = 0;

        for(IntWritable value : values)
        {
            sum += value.get();
        }

        con.write(word, new IntWritable(sum));
    }
}

}
```

9.2. Anexo B: Código del instalador

Código de la clase principal luminus-ins.sh

```
#!/bin/bash
# Instalador general de luminus version 4.

# El instalador pide al usuario introducir las ips de los nodos incluida la del master.
# Las ips son almacenadas en un archivo de texto.

echo "***** Bienvenido a Luminus *****"

echo "Introduce la ip del nodo maestro:"
read ipMaestro
echo "Introduce el nombre del nodo maestro:"
read nodoMaestro
echo $nodoMaestro > nombres.txt
echo $ipMaestro > ips.txt
echo "$ipMaestro $nodoMaestro maestro" >> /etc/hosts

confirmacion=1
contador=1
while [ $confirmacion -eq 1 ]
do
```

```
    echo "Introduce la ip del nodo $contador:"
    read ipNodo
    ping -c1 -qq $ipNodo
    if [ $? -ne 0 ]
    then
        echo "Host no encontrado."
    else
        echo "Host encontrado!"
        echo "Introduzca el nombre del host:"
        read nodo
        echo "$ipNodo $nodo nodo$contador" >> /etc/hosts
        echo $nodo >> nombres.txt
        echo $ipNodo >> ips.txt
        contador=$((contador + 1))
    fi
    echo "Si desea agregar otro nodo escriba 1. Si no, escriba 0. (1/0)"
    read confirmacion
done

# Inicia proceso de instalacion.
# Instalacion de Spark en nodo maestro.
./spark-ins.sh

# Instalacion de Spark en nodos esclavos.-
contador=1
while read line
do
    if [ $contador -ne 1 ]
    then
        echo $line
        ssh -qq root@$line < spark-ins.sh
    fi
    contador=$((contador + 1))
done < ips.txt

# Configuracion de spark en maestro.
cp /opt/spark/conf/slaves.template /opt/spark/conf/slaves

# Se agregan los esclavos y el maestro a la lista de nodos de la red.
contador=0
echo "" >> /opt/spark/conf/slaves
while read line
do
    if [ $contador -ne 0 ]
    then
        echo "nodo$contador" >> /opt/spark/conf/slaves
    else
        echo "maestro" >> /opt/spark/conf/slaves
    fi
    contador=$((contador + 1))
done < ips.txt

# Se agrega el maestro al archivo spark-env.sh
cp /opt/spark/conf/spark-env.sh.template /opt/spark/conf/spark-env.sh
```

```
echo "export SPARK_MASTER_HOST=maestro" >> /opt/spark/conf/spark-env.sh
echo "export SPARK_WORKER_CORES=1" >> /opt/spark/conf/spark-env.sh
echo "export SPARK_WORKER_INSTANCES=1" >> /opt/spark/conf/spark-env.sh
```

Código de java-ins.sh

```
echo "deb http://ppa.launchpad.net/webupd8team/java/ubuntu trusty main" >
/etc/apt/sources.list.d/webupd8team-java.list
echo "deb-src http://ppa.launchpad.net/webupd8team/java/ubuntu trusty main" >>
/etc/apt/sources.list.d/webupd8team-java.list
apt-key adv --keyserver keyserver.ubuntu.com --recv-keys EEA14886
apt-get update
apt-get install oracle-java8-installer
java -version
```

Código de openssh-ins.sh

```
# Instalacion de OpenSSH
apt-get install openssh-server
#nano /etc/ssh/sshd_config
service ssh restart
```

Código de scala-ins.sh

```
# Instalacion de Scala
wget https://downloads.lightbend.com/scala/2.13.0-M1/scala-2.13.0-M1.deb
dpkg -i scala-2.13.0-M1.deb
scala -version
```

Código de spark-ins.sh

```
# Instalacion de Spark
wget http://d3kbcqa49mib13.cloudfront.net/spark-2.1.0-bin-hadoop2.7.tgz
mkdir /opt/spark
tar -xzf spark-2.1.0-bin-hadoop2.7.tgz
mv spark-2.1.0-bin-hadoop2.7/* /opt/spark/
echo 'export SPARK_HOME=/opt/spark/' >> ~/.bashrc
echo 'export PATH="/opt/spark/bin/:/opt/spark/sbin/:$PATH"' >> ~/.bashrc
source ~/.bashrc
```