

Universos HTCondor en la infraestructura del Grupo GRID de la Universidad del Quindío

Estudio de mapeo sistematico

Juan Esteban Parra Parra, *Estudiante de pregrado, Universidad del Quindío,*
 Juan Esteban Castaño Osma, *Estudiante de pregrado, Universidad del Quindío y*
 Luis Eduardo Sepúlveda Rodríguez, *PhD, Universidad del Quindío*

Resumen—*Commodo enim magna ea nulla commodo cillum quis sit nisi et. Minim pariatur est quis nisi. Incidunt nisi duis nisi laborum est mollit fugiat. Aliqua mollit do ut est do minim non ullamco laboris occaecat. Deserunt est enim exercitation aliqua voluptate est sunt magna amet ex exercitation.*

Palabras Clave—HTCondor, Computación distribuida, Universos HTCondor, Condor

I. INTRODUCCIÓN

EL objetivo de la computación científica es la resolución de problemas. La computadora resulta necesaria para este propósito debido a que algunos problemas del mundo real frecuentemente presentan un nivel de dificultad o complejidad que excede las capacidades de analítica o resolución humana, sin embargo, estos pueden ser abordados efectivamente mediante el uso de recursos computacionales [1].

No obstante, no todos los problemas científicos son manejables para una sola computadora. Existen problemas cuya ejecución en una sola maquina resulta inviable debido a factores como su naturaleza o a el tamaño de su conjunto de datos. Es por esto que los investigadores usan herramientas de computación de alta productividad (*High Throughput Computing* o HTC por sus siglas en inglés), las cuales tienen como propósito el maximizar la cantidad de resultados producidos durante un periodo largo de tiempo [2], tecnologías propias de la computación distribuida, disciplina que también ha encontrado interés en el ámbito educativo [3].

En este contexto surge HTCondor, un sistema creado por la Universidad Wisconsin–Madison, especializado en la gestión de cargas de trabajo y diseñado específicamente para tareas de cómputo intensivo [4, 5]. HTCondor permite a los usuarios enviar tareas computacionales a un clúster, donde el sistema gestiona de forma autónoma la asignación, planificación y distribución del trabajo entre los nodos disponibles. El mecanismo de planificación opera bajo un modelo de políticas bidireccional: tanto los propietarios de los recursos computacionales como los usuarios solicitantes pueden establecer criterios y preferencias que determinan dónde y bajo qué condiciones se ejecutarán las tareas [5]. Dichos trabajos computacionales vienen en la forma de lenguajes de programación o *contextos de ejecución* los cuales HTCondor llama *universos*. Hasta la fecha en la que se escribe el presente artículo los universos HTCondor disponibles son los siguientes: *vanilla, grid, java, scheduler, local, parallel, vm, container y docker*.

La diversidad de universos disponibles refleja la amplia gama de aplicaciones que HTCondor puede soportar, desde computación tradicional hasta entornos virtualizados y contenedorizados. No obstante, la literatura científica carece de una clasificación sistemática que permita comprender cómo estos universos se aplican en diferentes contextos y cuál es su impacto. En consecuencia, el presente documento exponemos un estudio de mapeo sistemático que busca, en primer lugar, clasificar trabajos relacionados con diversos dominios tecnológicos como lo son la computación distribuida y paralela, el desarrollo de software, virtualización, contenerización, la redes de computadora, entre otros. En segundo lugar, se busca identificar y categorizar trabajos vinculados con los universos de HTCondor como herramienta para fortalecer funciones esenciales universitarias como: investigación, docencia, extensión e industria.

El resto del documento se estructura de la siguiente manera: la Sección II indica la motivación para este trabajo. La Sección III presenta trabajos relacionados. La Sección ?? describe el método utilizado para llevar a cabo el SMS. La Sección V contiene el análisis y discusión del trabajo realizado. La Sección VI discute las amenazas a la validez, y finalmente, la Sección VII presenta las conclusiones.

II. MOTIVACIÓN

A pesar de la adopción de HTCondor en diversos dominios científicos y tecnológicos, existe una notable escasez a en la literatura respecto al uso específico de sus universos de ejecución.

La ausencia de una clasificación sistemática de los trabajos relacionados con los universos de HTCondor impide el desarrollo de decisiones informadas para su implementación y limita la transferencia efectiva de conocimiento entre diferentes comunidades de usuarios. Además, la literatura actual no ofrece una perspectiva consolidada sobre cómo estos universos contribuyen específicamente al fortalecimiento de las actividades de investigación, docencia, extensión e industria en el contexto universitario. Esta carencia de sistematización del conocimiento existente motivó la realización del presente estudio de mapeo sistemático, con el propósito de proporcionar una visión estructurada y comprehensiva que facilite la toma de decisiones informadas y promueva el uso óptimo de HTCondor en diversos escenarios de aplicación.

III. TRABAJOS RELACIONADOS

No se identificaron estudios previos que compartan los objetivos de esta investigación. Adicionalmente, la literatura carece de trabajos que examinen específicamente los universos de HTCondor, confirmando la necesidad del presente mapeo sistemático.

IV. MÉTODO DE REVISIÓN

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos para este artículo, se usó un acercamiento metodológico basado en que siguen Sepúlveda et al [Referencia del artículo de Sepúlveda] para construir un estudio de mapeo sistemático (SMS por sus siglas en inglés) basado en evidencia.

De acuerdo a los estudios [Sepulveda's article citations 16 and 17], es posible usar una combinación de estrategias de búsqueda para crear un SMS. Debido a esto, se ha decidido mezclar dos estrategias de búsqueda, una automática y la otra manual, para el mapeo sistemático propuesto en este artículo. También, se ha usado la metodología propuesta por Ali et al [Sepulveda's article citations 18] como un ejemplo.

Por ultimo, se ha soportado el proceso de construcción de este SMS con la ayuda del software SMS-Builder. Este software es una aplicación web que se creó para ayudar a los investigadores a seguir el proceso de construcción de una adaptación del SMS propuesto por [Sepulveda's article citations 14], que cubre seis fases del proceso de construcción del mapeo sistemático 1) Planeación, 2) Búsqueda de estudios, 3) Análisis de calidad, 4) Recolección de datos, 5) Clasificación y análisis de estudios, 6) Resultados. Ver Figura 1. Para el estudio propuesto en este artículo, se usó SMS-Builder para guardar, procesar, analizar y evaluar los estudios a ser incluidos en el SMS [Sepulveda's article citations 19]. La herramienta puede ser encontrada en GitHub como software libre bajo la licencia GNU/GPL v3 en el siguiente link: <https://github.com/grid-uq/sms-builder> [Sepulveda's article citations 19].

IV-A. Fase 1: Planeación

En esta etapa se estableció el propósito general para el SMS y se definieron los objetivos del estudio, preguntas de investigación, métricas, tópicos de clasificación, criterios de inclusión y exclusión y criterios de calidad. Ver Figura 2. Para los componentes "Objetivos del estudio", "Preguntas de investigación" y "Métricas", de la etapa de planificación, se aplicó el modelo *Goal-Question-Metric* (GQM por sus siglas en inglés) [Sepulveda's article citations 20 and 21]. Estos componentes consideran el nivel conceptual, operacional y cuantitativo, respectivamente según Sepulveda et al [Referencia del artículo de Sepúlveda].

IV-A1. Objetivos del estudio: Teniendo en cuenta los aspectos descritos en la sección de motivación, se han definido dos objetivos para el estudio, detallados en la Tabla I.

IV-A2. Pregunta de investigación:

IV-A3. Métricas:

IV-A4. Tópicos de investigación:

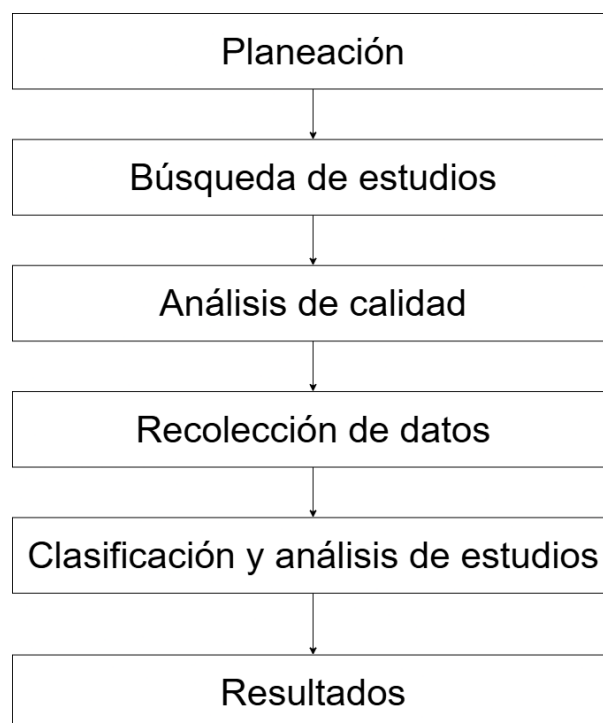


Figura 1. Etapas del proceso de construcción de un SMS

| Objetivo | Descripción |
|----------|--|
| G1 | Clasificar trabajos relacionados con los universos de HTCondor según su aplicación e impacto en los dominios de computación distribuida y paralela, HTC, desarrollo de Software, virtualización y microservicios, redes de computadoras, infraestructura computacional, inteligencia artificial, análisis de datos y pensamiento computacional, entre otros. |
| G2 | Identificar y categorizar trabajos vinculados con los universos de HTCondor como herramienta para fortalecer funciones esenciales universitarias como: investigación, docencia, extensión e industria. |

Tabla I
OBJETIVOS DEL SMS.

IV-A5. Criterios de inclusión y exclusión:

IV-A6. Criterios de calidad:

IV-B. Etapa 2: Búsqueda de Estudios

Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

IV-B1. Definiendo la Estrategia de Búsqueda: Nostrud ullamco aliqua voluptate nulla consequat quis id incididunt culpa non ea do non deserunt. Excepteur ut ea excepteur nulla irure esse laboris proident laboris aliqua id ullamco nisi ipsum. Cillum pariatur pariatur ad dui veniam excepteur. Ea tempor non do exercitation nostrud eu enim officia fugiat. Sint officia veniam consectetur nisi elit eu deserunt enim aliqua. Consectetur veniam incididunt cupidatat id eu Lorem

labore eiusmod sunt.

IV-B2. Estrategia de Búsqueda 1: Bases de Datos: Irure irure veniam qui cillum Lorem occaecat do voluptate sunt ut. Cupidatat sunt nostrud magna eu est labore. Aliquip ut exercitation tempor adipiscing reprehenderit aliquip eu nisi in. Do ex consequat dolore sit est aliqua nulla enim. Laborum anim nulla do nisi. Culpa voluptate irure ullamco qui. Nisi et sunt veniam reprehenderit mollit.

IV-B3. Estrategia de Búsqueda 2: Bola de Nieve (Snowballing): Quis ut deserunt in nulla aliquip exercitation. Voluptate non laborum do eu dolor mollit officia cupidatat do ea id id ullamco. Dolore velit anim est pariatur eiusmod occaecat duis labore reprehenderit nisi esse. Eu laboris cillum ullamco non velit veniam labore eiusmod laboris sint. Consequat officia aliquip velit officia do ex nulla cupidatat elit dolore deserunt sint.

IV-B4. Resultados de la Búsqueda de Estudios: Nostrud enim magna culpa labore in culpa aliqua dolore ea amet sit magna exercitation sunt. Voluptate qui aliqua velit ipsum ullamco dolor ad velit cupidatat dolore sint. Nisi cillum dolore magna tempor minim ullamco anim quis ipsum consequat officia.

IV-C. Etapa 3: Evaluación de Calidad

Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

IV-C1. Evaluación de la Validez del Contenido: Laboris consectetur magna ullamco sunt veniam fugiat nostrud magna ipsum. Tempor qui reprehenderit nostrud irure laboris consequat aute adipiscing proident ut quis commodo commodo duis. Officia ea enim occaecat velit. Officia sint sint ea qui tempor reprehenderit.

IV-C2. Índice para la Evaluación de Calidad por Número de Citas: In minim exercitation veniam nulla aliqua dolor amet ut in. Adipiscing amet id eu dolore nulla cillum. Fugiat enim amet adipiscing sint nulla laborum. Qui adipiscing excepteur ea veniam anim officia.

IV-C3. Índice para la Evaluación de la Relación de los Estudios con las Preguntas de Investigación: Cillum dolor enim pariatur officia. Occaecat ullamco dolor deserunt exercitation irure culpa occaecat. Do ullamco ut deserunt anim ullamco qui esse non sunt adipiscing sit eu culpa pariatur. Culpa ullamco consequat elit occaecat id id deserunt voluptate eiusmod. Dolor ipsum aliquip magna eiusmod fugiat cillum ipsum in sint eu aliqua consequat velit ad. Ipsum minim exercitation officia adipiscing id Lorem consequat laboris.o

IV-D. Etapa 4: Extracción de Datos

Velit laboris labore nostrud ipsum non consectetur deserunt proident. Fugiat tempor nisi nisi fugiat reprehenderit velit ut Lorem minim velit ipsum adipiscing dolor. Et dolor consequat aliquip fugiat voluptate incididunt laborum sint adipiscing aliquip mollit dolor. Officia ea reprehenderit est ullamco exercitation laboris nulla quis sint pariatur laborum eiusmod in. Ex ex dolore eiusmod ut cillum eu minim fugiat est dolor sint do proident.

IV-E. Etapa 5: Clasificación de Estudios

Officia aliqua sit mollit ipsum. Qui veniam labore Lorem ex eiusmod amet mollit. Enim ad elit dolor aute consequat. Enim voluptate ut in ut incididunt minim commodo et esse dolore tempor ex aute. Occaecat duis incididunt officia aute laborum et aliquip proident ut culpa labore. Enim aliqua veniam occaecat reprehenderit enim eu reprehenderit nostrud adipiscing id.

IV-F. Etapa 6: Resultados

Magna irure ipsum dolor occaecat nisi Lorem laborum laboris ullamco sunt laborum anim dolore. Magna ad veniam velit labore sunt cupidatat culpa voluptate. Fugiat veniam quis aliquip ullamco sunt. Esse laborum fugiat laboris aliqua minim laborum anim tempor amet minim. Lorem eiusmod amet aliqua nulla sunt nostrud laborum cupidatat ut.

IV-F1. Descripción General de los SPSS (Estudios Primarios Seleccionados): Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

IV-F2. Visualización de Nube de Palabras: Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Lorem deserunt elit qui ad. Officia et excepteur eu ipsum culpa minim Lorem amet aliqua sit eiusmod. Do pariatur aute cillum non aute consectetur velit eu consectetur.

VI. AMENAZAS A LA VALIDEZ

Ullamco esse do mollit labore dolor occaecat est Lorem ex qui elit consequat duis culpa. Laborum ut sit culpa ex Lorem labore amet velit incididunt aliqua. Velit proident enim laboris nulla est adipiscing nostrud commodo reprehenderit. Incididunt quis irure aute est. Reprehenderit proident enim mollit fugiat in est tempor aliqua.

VI-A. Sesgo en la Selección de Estudios

Culpa consectetur excepteur veniam est ullamco cillum pariatur deserunt duis dolor voluptate cupidatat elit duis. Ullamco do consequat proident commodo et ad non amet id incididunt fugiat veniam nulla. In dolore ea ad et dolore qui dolor nulla. Magna nisi culpa do laboris incididunt dolor dolor occaecat velit mollit cillum.

VI-B. Errores en la Clasificación de Estudios

Qui ex laboris excepteur ea reprehenderit sunt ad sunt quis officia ut pariatur. Duis cupidatat dolore non cillum est quis incididunt nisi irure nulla consequat sint pariatur eiusmod. Do do irure tempor qui voluptate enim. Fugiat minim culpa Lorem dolor. Laboris eiusmod laborum eu non ex sint officia consequat proident veniam.

VI-C. Inexactitud en el Proceso de Extracción de Datos

Magna incididunt cupidatat cupidatat enim eu ea commodo mollit labore aute id eiusmod. Ullamco cillum occaecat aute ullamco nisi. Est nulla adipisicing dolore sunt officia aliquip quis ut. Mollit veniam enim commodo labore proident sunt commodo quis consectetur Lorem. Officia veniam qui sint nisi consectetur id et mollit cillum non tempor magna quis reprehenderit. Veniam consectetur veniam officia esse officia pariatur ullamco nisi occaecat occaecat.

VI-D. Errores en la Aplicación del Protocolo de Búsqueda

Anim velit tempor cupidatat in excepteur pariatur labore proident laborum ad officia ipsum aute. Et excepteur in aute eiusmod velit labore nulla amet proident. Aliquip officia et et sunt voluptate ut commodo. Dolore magna culpa id ullamco mollit ut nulla adipisicing dolor.

VII. CONCLUSIONES

Qui do adipisicing fugiat esse minim proident nisi sit incididunt excepteur. Aliquip ipsum ipsum amet Lorem ex exercitation consequat eu laborum do deserunt cupidatat. Nostrud officia esse ullamco incididunt dolor ipsum incididunt aute ea ipsum minim. Incididunt qui enim consectetur consectetur commodo nostrud voluptate. Ipsum proident et enim pariatur ullamco deserunt.

REFERENCIAS

- [1] R. H. LANDU, R. Wangberg, K. Augustson, M. J. Páez, C. C. Bordeianu, and C. Barnes, *A First Course in Scientific Computing: Symbolic, Graphic, and Numeric Modeling Using Maple, Java, Mathematica, and Fortran90*. Princeton University Press, 2005. [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/j.ctvc4m4grd>
- [2] G. Juve, B. Tovar, R. F. Da Silva, D. Krol, D. Thain, E. Deelman, W. Allcock, and M. Livny, "Practical resource monitoring for robust high throughput computing," in *2015 IEEE International Conference on Cluster Computing*, 2015, pp. 650–657.
- [3] S. Utku, J. Lestingi, and M. Salama, "The impact of distributed computing on education," *Computers & Structures*, vol. 15, no. 2, pp. 149–156, 1982. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0045794982900621>
- [4] C. Liu, Z. Zhao, and F. Liu, "An insight into the architecture of condor - a distributed scheduler," in *2009 International Symposium on Computer Network and Multimedia Technology*, 2009, pp. 1–4.

- [5] Center for High Throughput Computing, "What is HTCondor?" <https://htcondor.org/description.html>, 2025, accessed: July 30, 2025. [Online]. Available: <https://htcondor.org/description.html>