



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2182>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

Technical proposal for the setting of six climbing routes for the rock wall of cerro Cachaway

Proposta técnica para o estabelecimento de seis vias de escalada para a parede rochosa do cerro Cachaway

Santiago Fabián Naveda-González^I
locosant@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0845-8505>

Karla Milena González-Valdez^{II}
karla.gonzalezv@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6943-8823>

Daniel Arturo Román-Robalino^{III}
daniel.roman@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9172-3201>

Edison Marcelo Salas-Castelo^{IV}
esalas@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0833-8017>

Correspondencia: locosant@hotmail.com

***Recibido:** 30 de junio de 2021 ***Aceptado:** 15 de julio de 2021 *** Publicado:** 10 de agosto de 2021

- I. Ingeniero en Ecoturismo, Investigador independiente, Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial. MSc. Hidrología y Gestión de Recursos Hídricos, Docente Investigadora, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Ingeniero Agrónomo, Magíster en Agricultura Sostenible, Docente Investigador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- IV. Doctor en Filosofía en Ciencia Medio Ambiental. Profesor Investigador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

Los escenarios deportivos de escalada en roca son espacios que requieren de adecuaciones y mantenimiento técnico para que brinden seguridad a quienes realicen esta actividad. Este trabajo presenta una propuesta técnica para implementar rutas de escalada deportiva y tradicional en el cerro Cachaway, en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, para proporcionar a los visitantes una opción para una buena práctica recreacional de aventura. Este estudio se encuentra enmarcado en el objetivo estratégico de la Dirección de Gestión de Turismo de Riobamba, el cual es “desarrollar y promocionar turísticamente a Riobamba, en beneficio del visitante local, nacional y extranjero, promoviendo las mejores prácticas de calidad, sostenibilidad e innovación en la ciudad”. Este trabajo es de investigación aplicada con niveles de investigación exploratorios, descriptivos y analíticos. Durante el estudio, primero se levanta información sobre las características y se analiza la estructura del afloramiento rocoso. Se procede a realizar pruebas de resistencia de materiales sobre los implementos y equipos a ser utilizados y el costo para la implementación de las rutas. Además, luego de la implementación se evalúa técnicamente las rutas a través de pruebas de vuelo y cálculos técnicos de escalada. Se identifica nueve posibles rutas de las cuales se equipa seis; cuatro para escalada deportiva y dos para escalada clásica. Finalmente, los resultados indican que la roca presenta buena calidad para implementación de rutas y el análisis de los materiales evidencia una resistencia superior a la especificada en su homologación de fábrica. La implementación de las rutas de escalada en el cerro Cachaway cuenta con un equipamiento idóneo y la seguridad necesaria para ser utilizadas en los niveles inicial y medio de escalada deportiva y tradicional.

Palabras clave: Material rocoso; escalada en rocas; ecoturismo; turismo de aventura.

Abstract

Rock climbing sport scenarios are spaces that require adequate implements and technical maintenance to provide security to those who practice this activity. This work presents a technical proposal to implement sports and traditional climbing routes at Cerro Cachaway, in Riobamba canton, Chimborazo province, to provide visitors with an option of recreational adventure activities. This study is framed in the strategic objective of the Dirección de Gestión de Turismo of Riobamba canton which proposes “to develop and promote tourism in Riobamba, to benefit

local, national and foreign visitors, promoting the best quality, sustainability and innovation practices in the city". This work employs an applied research focus with exploratory, descriptive and analytical research levels. During the study, firstly information about the characteristics and the structure of the rocky outcrop is collected and analyzed. Then, material resistance tests are performed on the implements and equipment to be used, as well as the cost for the implementation of the routes. In addition, after the implementation, the technical evaluation of the routes is carried out through flight tests and technical climbing calculations. Nine possible routes are identified, where six of which were equipped; four for sports climbing and two for classical climbing. The results indicate that the rock presents good quality for the implementation of routes and the analysis of the materials evidences a resistance greater than that specified in its factory homologation. The implementation of climbing routes in cerro Cachaway have ideal equipment and safety level to be used at the initial and average levels of sport and traditional climbing.

Keywords: Rocky material; rock climbing; ecotourism; adventure tourism.

Resumo

Os cenários desportivos de escalada em rocha são espaços que requerem adaptação e manutenção técnica a fim de proporcionar segurança para aqueles que praticam esta actividade. Este trabalho apresenta uma proposta técnica para implementar vias de escalada desportivas e tradicionais na colina de Cachaway, no cantão de Riobamba, província de Chimborazo, para proporcionar aos visitantes uma opção para uma boa prática recreativa de aventura. Este estudo está enquadrado no objectivo estratégico da Direcção de Gestão do Turismo de Riobamba, que é "desenvolver e promover o turismo em Riobamba, em benefício dos visitantes locais, nacionais e estrangeiros, promovendo as melhores práticas de qualidade, sustentabilidade e inovação na cidade". Este trabalho é investigação aplicada com níveis exploratórios, descritivos e analíticos de investigação. Durante o estudo, são primeiro recolhidas informações sobre as características e é analisada a estrutura do afloramento rochoso. Os testes de resistência do material são efectuados nas alfaias e equipamento a utilizar e o custo da implementação das rotas. Além disso, após a implementação, as rotas são avaliadas tecnicamente através de testes de voo e cálculos técnicos de escalada. São identificadas nove vias possíveis, das quais seis estão equipadas; quatro para escalada desportiva e duas para escalada clássica. Finalmente, os resultados indicam que a rocha é de boa qualidade

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

para a implementação de rotas e a análise dos materiais mostra uma maior resistência do que a especificada na aprovação da fábrica. A implementação das vias de escalada em Cachaway Hill tem o equipamento adequado e a segurança necessária para ser utilizado para níveis iniciantes e intermédios de desporto e escalada tradicional.

Palavras-chave: Material rochoso; escalada em rocha; ecoturismo; turismo de aventura.

Introducción

La escalada en roca es una actividad de aventura muy importante en Ecuador debido a su ubicación en la mítica Cordillera de los Andes, haciendo de este país un destino único para la práctica de turismo de aventura en todas sus modalidades; el ecoturismo, turismo comunitario, cultural, gastronómico, entre otros. Además, la presencia de atractivos naturales de incomparable belleza y valor, como lo son las zonas altas las que presentan distintas características geomorfológicas, escenarios ideales para realizar escalada en roca en varias modalidades que actualmente se practica en varios países (América Turística, 2012 p. 39).

Ecuador es conocido a nivel internacional por sus altos y activos volcanes, en los cuales, la escalada y el andinismo son las modalidades de turismo de aventura que más se practica en. Hoy en día existen varias zonas con numerosas rutas de escalada en roca a lo largo de la sierra ecuatoriana.

En el sector urbano del cantón Riobamba, en la provincia de Chimborazo, se encuentra el cerro Cachaway, lugar donde se practica la disciplina de escalada en roca y rapel, desde hace ya medio siglo. Existe una ruta para escalada tradicional con clavijas empotradas clásicas de tipo escalada andina-alpina. Dentro de los límites del área urbana no existe ningún otro sitio similar para poder realizar este tipo de deporte, convirtiendo a este lugar en un ícono importante para impulsar y desarrollar esta disciplina deportiva de aventura (DITUR, 2018).

El cerro Cachaway ha sido un escenario de la práctica de rapel y escalada tradicional, pues posee una ruta de escalada con más de 40 años de uso. La ruta debió ser reequipada ya que los seguros implementados en la apertura de la ruta habían sobrepasado su vida útil y representaban un peligro para quienes estaban utilizando estos para la práctica de escalada tradicional en este sitio. Además, el crecimiento de la demanda turística en la ciudad de Riobamba, exige buscar alternativas recreacionales y de aventura que satisfagan las necesidades de aficionados a estas modalidades de

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

turismo. Así lo demuestra el boletín de demanda turística de 2017 del GAD municipal del cantón Riobamba (DITUR, 2018). Por tal razón, el cerro Cachaway es un interesante destino para la recreación y la aventura, contribuyendo al buen desarrollo de escenarios deportivos en sitios naturales y la práctica de actividades ecoturísticas con zonas seguras, generando beneficios sociales mediante la práctica de deportes. Entre estos se destaca el mejorar el rendimiento físico y psicológico de quienes lo practican, pues existen muchos estudios que relacionan la práctica de deporte con muchos aspectos de la salud de las personas (Mercat, 2009).

El presente trabajo expone el estudio realizado para la “implementación de rutas para escalada deportiva y tradicional”, en varios niveles, en la pared de roca del cerro Cachaway, contribuyendo al aprendizaje del deporte y la especialización del mismo. Mediante el diseño de rutas para escalada, la caracterización de la roca de la zona de estudio se pretende recuperar una de las pocas zonas urbanas de escalada en roca del país e instaurar un nuevo destino de aventura dentro del cantón.

Metodología

La presente investigación se realizó en el cerro Cachaway del cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, con el objeto de reequipar seis rutas para escalada en roca, tanto escalada deportiva como clásica, en el cerro mencionado. El afloramiento de roca del cerro Cachaway se encuentra localizado en las coordenadas geográficas S 1.67186° W 78.68371°, zona 17 Sur, en las parroquias Yaruquíes y Lizarzaburu del cantón Riobamba con una altitud de 2865 metros sobre el nivel del mar. El cerro Cachaway limita al norte con la parroquia Licán, al sur con la parroquia Yaruquíes, al este con el barrio San José del Batán y al oeste con el barrio San Vicente de Yaruquíes y el cerro Cacha. La temperatura promedio anual va desde los 6 a los 24 °C, con una precipitación promedio anual de 500mm y una humedad de 72% (Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Riobamba, 2015).

El cantón Riobamba posee suelos profundos y con una textura que varía de franco arenoso a arena franca, no se ha detectado salinidad y su capa freática se halla a gran profundidad del ecosistema lacustre. Son de color gris muy claros a gris oscuros en su mayor parte; posee suelos secos serranos. El afloramiento rocoso donde se implementaron cuatro rutas para escalada deportiva, y dos rutas

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

para escalada clásica, es de roca sólida de origen volcánico, (andesita volcánica) con una altura de 25 metros (DITUR, 2017).

Este estudio es de investigación aplicada, con niveles de investigación exploratoria, descriptiva y experimental (Bickman, 2009; Creswell, 2009; Kalaian, 2008). Además, va acorde a la línea de Gestión del Turismo Sostenible del Ecuador (Ministerio de Turismo, 2007). En el desarrollo de este trabajo se utilizó técnicas de revisión bibliográfica y técnicas de campo cuyos objetivos se cumplió en tres fases: i) propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada deportiva y clásica para la pared de roca del cerro Cachaway; ii) equipamiento de seis rutas de varios niveles en la pared de roca del cerro Cachaway; y iii) evaluación técnica de las rutas implementadas.

Fase 1. En la primera fase se desarrolló la propuesta técnica para el equipamiento de las seis rutas de escalada con los siguientes componentes:

Primeramente, se analizó la estructura de la roca existente en el afloramiento rocoso, utilizando dos técnicas diferentes: la primera fue mediante el levantamiento geológico in situ, con ayuda de un experto, para determinar la estructura existente. La segunda constó de una técnica empírica (mediante el sonido que produce el golpe de un martillo en la roca del sector) para comprobar la firmeza y composición de la roca del cerro Cachaway considerada para el presente proyecto.

Luego, se calculó la altura de la pared de roca y el recorrido de cada una de las rutas, empleando un GPS y cinta métrica. Para determinar la resistencia de los materiales de escalada a utilizarse en la implementación, se realizó la prueba de resistencia del material en laboratorio, se diseñó cuatro mordazas en el programa informático SolidWorks adaptables a la máquina universal, con la finalidad de conocer y comparar los resultados de cada material sometido en cada ensayo. Las pruebas se ejecutaron en los laboratorios de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Para determinar el grado de inclinación de cada ruta a implementarse, se utilizó un clinómetro y equipo de escalada para calcular la inclinación exacta de cada ruta y determinar el lugar ideal para perforación de la roca para la colocación de los anclajes de seguridad. Una vez realizada la prueba de materiales, se comparó costos y optó por el mejor precio en anclajes inoxidables, misma marca y modelo, probados en el diseño técnico previo a la implementación (Naveda, 2018), calculando así el costo de implementación para las seis rutas.

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

Fase 2. En la segunda fase se realizó el equipamiento de seis rutas de varios niveles de dificultad en la pared de roca del cerro Cachaway. Para equipar cada ruta se procedió hacer lo siguiente.

Para colocar los anclajes de las estaciones para cada ruta equipada, se realizó un descenso a rapel para determinar los sitios con mejor condición partiendo de los resultados del levantamiento geológico – geotécnico (características de la roca como: color, textura y composición). En la comprobación de las líneas a ser equipadas y determinar la ideal, se probó las posibles líneas a equiparse varias veces y se tomó decisiones a tiempo sobre cambios, ya sea por sitios con mala calidad, o sin estabilización de roca y peligros objetivos. Una vez aprobadas las líneas, se procedió a utilizar herramientas prácticas como: puntas, martillos, patas de cabras, buriles, picos y palas, con la finalidad de desprender todo tipo de roca o maleza vegetal que pudiera llegar a representar peligro a los usuarios en la práctica del deporte. Luego se procedió con la perforación y colocación de las plaquetas de acero y pernos de expansión en las líneas propuestas, empleando un taladro inalámbrico de percusión para colocar correctamente cada uno de los anclajes, asegurándose que cada plaqueta quede en la posición correcta y que cada perno (bolt) se haya expandido de forma ideal, verificando que la tuerca de la rosca este completamente ajustada.

Fase 3. Durante la tercera fase se llevó a cabo la evaluación técnica de las rutas implementadas considerando las siguientes actividades.

Para la comprobar el funcionamiento de los seguros implementados, se ejecutó un factor de vuelo de un metro a cada seguro, verificando que la caída o vuelo del escalador sea limpio y seguro en cuanto a exposición a golpe, respecto a la posición del anclaje con relación a la inclinación de la roca y comprobar así que la distancia de caída entre seguro sea ideal. Para la determinación del nivel de dificultad de las rutas implementadas, se realizó dos exhibiciones con la finalidad de determinar el nivel de dificultad entre varios escaladores y se comparó con la escala de acotación francesa (Barrabes Esqui y Montaña, 2020; Masiatous, 2020).

Resultados

En este apartado se indican los resultados de las tres fases propuestas para la consecución de este estudio. Dichas fases estuvieron basadas en la propuesta técnica para la implementación de las rutas, el equipamiento de las rutas, y la evaluación técnica de las rutas implementadas.

Fase 1. Propuesta técnica para el equipamiento de las seis rutas de escalada

La propuesta técnica para el equipamiento de las seis rutas de escalada contó los siguientes componentes:

1. Análisis geológico de la roca del cerro Cachaway

La inspección técnica de campo al cerro “Cachaway”, se desarrolló el día 5 de febrero de 2019. Posteriormente se ascendió por un sendero de aproximadamente 80 m de recorrido, hasta acceder a la parte alta, donde se encuentra el afloramiento rocoso de interés. Durante el levantamiento de información en campo, se evidenció los siguientes aspectos técnicos geológicos - geotécnicos, considerados para la implementación del proyecto. El afloramiento rocoso se encuentra a una altura de 2.865 m.s.n.m. calculada con un GPS (Garmin, modelo monterra). La geología del lugar está marcada por la formación geológica Sicalpa, de origen volcánico, Está constituida por estratos de toba volcánica con tamaño de grano ceniza y arenisca de 1 a 10 metros de espesor con colores variados blanquecinos, cremas, grisáceos, violáceos con líticos volcánicos y metamórficos milimétricos (Buenaño Lascano, P. A, 2019), la zona se caracteriza principalmente por la presencia de tobas andesíticas porfírica (Figura 1a) y aglomerados con composición de intermedio a ácido, los mismos que contienen fragmentos de roca andesita, y predominan clastos de 10 a 15cm. (Figura 1b). (Lozada y Randel, 1973).

Figura 1: Muestras de roca de la zona de estudio

a) Toba andesítica porfírica



b) Aglomerado andesítico

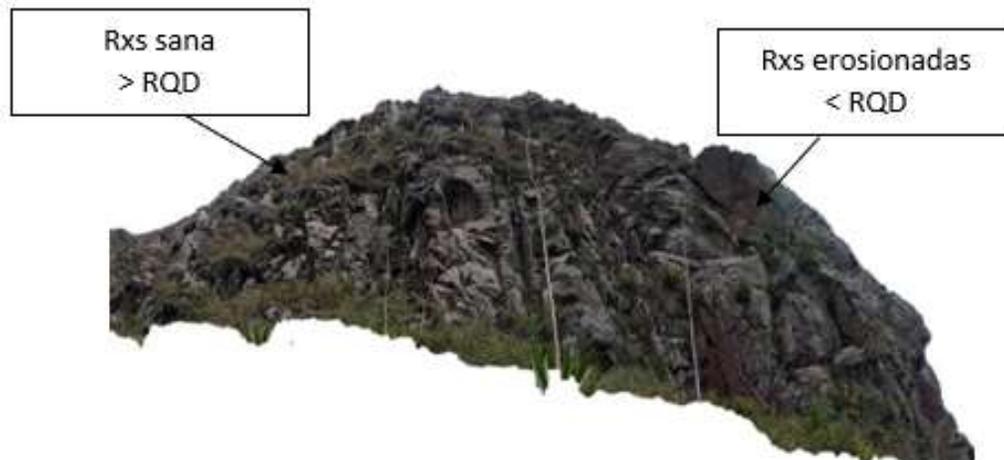


Fuente: Autores, 2020

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

Las tobas andesíticas, identificadas en el lugar de estudio se presentan de grano fino (afanítica), con presencia de clastos de tamaño medio, y varían en su coloración blanquecino, grisáceo y rojizo (Figura 2), debido a la presencia de minerales que hacen que la roca se altere afectando su calidad. Existen zonas en las cuales, al estar expuestas a la intemperie favorecen la meteorización en los afloramientos rocosos, lo que ocasiona que el índice de calidad de la roca o RQD por sus siglas en inglés (Guinda, F. 2000), sea baja, al ser la andesita una roca ígnea extrusiva contiene del 52% al 63% de sílice y compuesta mineralógicamente de anfíbol, plagioclasas y piroxenos principalmente, lo que se la considera una roca dura (Kennerley, J. 1980).

Figura 2: Afloramiento rocoso de interés



Fuente: Autores,2020

El afloramiento rocoso identificado para la implementación de rutas para escalada, no se encuentra mayormente afectado por agentes externos, como la erosión y meteorización, causada por el agua, viento o acción humana, debido a la existencia de cobertura vegetal alrededor del afloramiento rocoso. Además, se realizó un sondeo en la parte alta del afloramiento donde se observa material rocoso vulnerable a desprendimientos, implementando medidas de estabilización, antes de la implementación. En el afloramiento rocoso del sector existe diaclasamiento (fracturas), que se encuentran principalmente emplazadas en los cuerpos de roca andesita. Los afloramientos de roca cumplen con las características geológicas necesarias para la “implementación de cuatro rutas para escalada deportiva y dos rutas para escalada clásica en la pared de roca de la zona de estudio”.

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

El tipo de roca es determinante a la hora de escoger una pared para equipar una ruta, ya que cada tipo de roca exige una técnica distinta de estabilización, apertura, y posteriormente de escalada (Hattingh, G. 2001). Existen diferencias al momento de equipar rutas en rocas duras (granito, gneis, andesita, basalto) y rocas blandas (calizas y areniscas) (Mena-Carmona, J. R. 2016). Por ejemplo, para un equipador o abridor de rutas es de suma importancia, ya que, dependiendo del tipo de roca, los materiales implementados serán distintos.

La técnica empleada, previo a la implementación, fue impartida en la Escuela para Guías de Montaña del Ecuador (ESGUIM) (Cáceres, R. 2015), por instructores de la Unión Internacional de Asociaciones de Guías de Montaña (UIAGM). Mediante sonidos que emite la roca al golpe producido por martillo de rebote Schmidt y buriles, se seleccionó sitios para probar y comparar la composición de la roca. La diferencia de sonido al golpear las tres rocas (roja, gris, blanquecina) con herramientas técnicas corroboró el estudio geológico, demostrando que la roca de color roja, debido a la cantidad de hierro y procesos de erosión, es de menor calidad, que la roca gris y la roca blanquecina, pero las tres rocas aptas para implementar rutas de escalada afloramiento del cerro Cachaway. Igualmente, se comprobó al momento de perforar la roca y colocar los anclajes estación, la diferencia de tiempo la perforación en la roca de color roja fue de aproximadamente 40 segundos por agujero, en la roca de color gris 55 segundos y en la roca blanquecina 1:10 segundos, con un taladro inalámbrico de rotación marca HILTI (Figura 3).

Figura 3: Taladro a rotación (Hilti) utilizado en la apertura de rutas



Fuente: Autores,2020

2. *Altura del recorrido de las rutas y altura total del afloramiento rocoso*

Con una cinta métrica de 25 metros se procedió a medir la altura de cada una de las rutas implementadas considerando su recorrido. Para esto se procedió a medirlas desde la base de cada ruta pasando la cinta métrica por cada uno de los seguros hasta la parte más alta, donde se encuentra la reunión o estación de cada ruta y con la cinta plana de medición se calculó la altura de recorrido; cada ruta tiene su estación y su altura (Tabla 1).

Tabla 1: Rutas propuestas en la zona de estudio

RUTA	TIPO	DISTANCIA DE RECORRIDO (m)
Falta de apoyo	Ruta clásica	20
La cincuentona	Ruta deportiva	18
Modo drone	Ruta deportiva	15
La dulces sueños	Ruta deportiva	19
Pase de niño	Ruta deportiva	14
Ruta reequipada	Ruta clásica	21

Fuente: Autores, 2020

Con la ayuda de un GPS se tomó los datos en campo, desde la base hasta la parte más alta del afloramiento rocoso, calculando la altura total con un resultado de 50 metros de altura en línea recta. Determinando que solo los 25 primeros metros son aptos e ideales para la práctica de escalada deportiva y clásica en esta etapa de equipamiento, ya que los 25 metros restantes presentan alta inclinación, y presencia de vegetación.

3. *Prueba de resistencia de los materiales de escalada a utilizarse en la implementación*

Prueba de resistencia del material a utilizarse: los anclajes fijos permanecerán en la roca por un tiempo de vida útil de 20 años máximo. Los anclajes están compuestos por: una plaqueta de anclaje de seguridad de acero inoxidable, un perno de expansión de acero inoxidable (bolt), cadena galvanizada y eslabones industriales de seguridad galvanizados medida 3/8 (Figura 4).

Figura 4: Material antes de ser probados en la maquina universal de ensayos



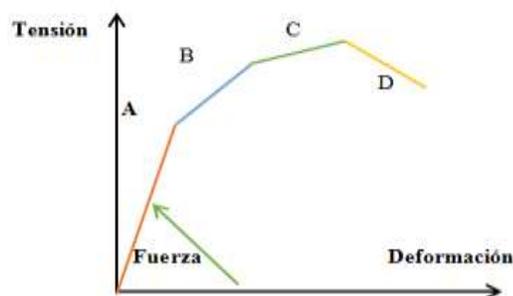
Fuente: Autores, 2020

Para poder hacer la prueba de resistencia de estos anclajes, se diseñó cuatro mordazas en el programa SolidWorks construidas en hierro reciclado, adaptables para cada una de las pruebas de resistencia del material de escalada, esto se diseñó en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Debido a la importancia de cada material en la “cadena de seguridad”, todos fueron sometidos a ensayos de muestreo de carga, con un registro de carga máxima positiva, mayor al rango preestablecido: de 15 Kilos Newtons (KN) de homologación en el caso del eslabón o mailón hasta 59KN, obteniendo resultados favorables para la implementación y el uso de los anclajes para rutas de escalada en roca, testeó que se realizó en la máquina universal de ensayos del laboratorio de la facultad de mecánica de la ESPOCH.

En la Figura 4, se observa una deformación y rotura del material testeado en laboratorio a resistencias mayores a las especificadas de fabricación. Para poder comprender cómo se deforma un anclaje, dependerá de la relación entre la tensión y la deformación conocida como límite de proporcionalidad (Ruiz & Díaz, 2015). Una vez que se ejerció fuerza sobre los anclajes a implementar (Figura 5): (A) el anclaje no se inmuta ante la fuerza que le ejercemos, la tensión es proporcional a la deformación a esto se lo conoce como límite proporcional. (B) Existe un punto máximo de tensión por debajo del cual aún no se producen deformaciones permanentes. Este punto se lo conoce como límite elástico. (C) Al seguir ejerciendo fuerza existe un estado del cuerpo deformado después del cual las deformaciones continúan, aunque no aumente la fuerza aplicada. Esto se conoce como límite de fluencia. (D) Si seguimos ejerciendo fuerza el cuerpo ya no soporta más deformaciones y se rompe. Este es el límite de rotura (Ruiz & Díaz, 2015).

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

Figura 5: Tipo de deformación de material



Fuente: Autores,2020

Los resultados de las pruebas de resistencia de materiales a los que fueron sometidos los diversos implementos que son necesarios para el equipamiento de las rutas de escalada en la pared del cerro Cachaway se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Resultados de los materiales sometidos a prueba de resistencia

Material	PRUEBA #1		PRUEBA #2		HOMOLOGACIÓN	OBSERVACIÓN					
	EJE VERTICAL	EJE HORIZONTAL	EJE VERTICAL	EJE HORIZONTAL							
UNIDAD DE MEDIDA	Kg	KN	Kg	KN							
1 PERNOS DE EXPANSIÓN (BOLTS)	Inoxidables	2147	21	3005	29.47	3000	29.43	4400	43.16	Inoxidables 3/8	Rotura en la sección reducida del perno y rotura en la rosca del perno.
	Galvanizados	882	9	1500	15	1322	13	1450	14	Mansel 3/8, 3 y 6"	Falla en la estructura de sujeción, deslizamiento del capacidad de expansión
2 PLAQUETAS DE ANCLAJE (CHAPAS)	EJE VERTICAL PRUEBA #1		EJE VERTICAL PRUEBA #2		Eliat 25KN(2549 Kg)	En la primera prueba fallo del perno inoxidable, y rotura. Se logró el objetivo, se superó los 2349 kg					
	Kg	KN	Kg	KN							
	4500	41	4800	47							
3 MAILON O ESLABÓN	4798	47	6017	59	Toolcraft 15 KN (3345,01lbs) Fuso 15 KN(1.530 kg)	Fra de roca en los dos casos					
4 CADENA	Nueva		Usada (usada)		Sin especificaciones	Rotura en el eslabón inferior Rotura del eslabón inferior					
	4560	44,733	6092	59,762							

Fuente: Autores,2020

Nota: Resultados de los materiales probados en laboratorios de la facultad de mecánica de la ESPOCH.

Descripción de los resultados del material testeado en laboratorio de mecánica de la ESPOCH

Pernos de expansión de acero inoxidable / galvanizados: el perno de expansión de acero inoxidable (bolt) medida 3/8 demostró su carga máxima positiva de resistencia en eje vertical de 29,43 KN, en comparación del perno galvanizado (bolt), que resistió 13 KN en eje vertical (Tabla 3). El perno

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

de expansión de acero inoxidable (bolt) medida 3/8 mostró su carga máxima positiva de resistencia en eje horizontal de 43.16 KN, en comparación del perno de expansión (bolt) galvanizado que resistió 15 KN en eje horizontal (Tabla 3).

Plaquetas de anclaje (chapas): La plaqueta de acero inoxidable (chapa) marca Elliot, mostró una resistencia de 44 KN a diferencia de sus especificaciones de fábrica estimada en 25 KN en la primera prueba. En la segunda prueba la plaqueta de acero inoxidable marca Elliot, mostró una resistencia máxima de 47 KN, superando su especificación de fábrica de 25 KN. Para asegurar que la chapa resistiera más que el eslabón se soldó la rosca del mismo para asegurarse que no ceda la rosca que es la parte débil del eslabón y así poder deformar la plaqueta hasta cumplir con el propósito de la prueba.

Mailón o eslabón: el mailón o eslabón de medida 3/8 tuvo una resistencia máxima de 47 KN en la primera prueba y 59 KN en la segunda, superando a la resistencia de sus especificaciones de fábrica estimada en 15 KN, observándose una ida de rosca en los dos casos.

Cadena: se realizó dos pruebas, una de estas con una cadena nueva de medida 3/8 y otra con una cadena que ya cumplió su vida útil 3/8. En los resultados la mayor resistencia fue de 60 KN en la cadena usada y 45 KN para la cadena nueva.

El equipamiento de rutas de escalada deportiva conlleva la responsabilidad real de vidas humanas. Su realización exige seriedad necesaria y buenas prácticas. Resulta antiético y legalmente inadmisibles acometer equipamientos sin los conocimientos necesarios.

4. Determinación del grado de inclinación de cada una de las rutas a implementarse

El ángulo de inclinación del principal afloramiento rocoso de interés identificado para la implementación de “rutas de escalada” varía entre los 5° y 35° de inclinación, según el dato calculado con una brújula estructural Brunton / clinómetro).

Se colocó una cuerda desde cada una de las estaciones en la parte superior de las rutas y con tensión en la base de la ruta se calculó la inclinación de cada ruta y observamos que varía de 50° y 135° de inclinación que presenta las rutas llamadas:

“Pase de niño” ruta deportiva con un grado de dificultad 6c es la ruta con mayor grado de dificultad e inclinación de toda la zona de escalada del Cachaway, seguida por la ruta “modo dron” ruta deportiva con un nivel 6b+ (Figura 10).

Figura 10: Ángulo de inclinación de la ruta “pase de niño” en el cerro Cachaway



Fuente: Autores,2020

Es muy importante conocer la inclinación de la roca al momento de colocar los anclajes, ya que de esto depende la vida útil del anclaje. Por lo tanto, se buscó partes inclinadas para que los seguros queden protegidos a la exposición del agua y evitar el deterioro del material. La acción de colocar un anclaje tiene cargas que pueden modificar las partículas de su composición, o cuando menos, bajar mucho su resistencia. Por eso es importante emplazarlos de manera correcta cualquier causa tiene su efecto (Hill, p. 23).

Para determinar el grado de dificultad para cada ruta se consideró la inclinación de cada tramo de las rutas, la cantidad y calidad de agarres existentes en las mismas, la geomorfología de la pared y se concluyó en consenso que las 4 rutas implementadas son de 6to grado, según la experticia de los practicantes de escalada y basándonos en una tabla internacional de referencia utilizada para escalada deportiva de dificultad, en la cual nos muestra que nuestra graduación coincide a la escala francesa y las rutas clásicas son de 5to grado.

5. Cálculo del costo de implementación para cuatro rutas de escalada deportiva y dos rutas de escalada clásica en el afloramiento rocoso del cerro Cachaway

Se optó por colocar anclajes de las mismas marcas y diámetro utilizados en las pruebas de resistencia, por su alta resistencia comprobada en laboratorio y fácil adquisición, obteniendo un total de 55 anclajes para implementar cuatro rutas para escalada deportiva y dos rutas para escalada clásica.

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

La Tabla 3 presenta los costos de los materiales y equipos empleados para la implementación de las rutas de escalada, así como, el costo de los implementos empleados para las pruebas de resistencia de materiales realizadas en los laboratorios de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

Tabla 3: Materiales y equipos de implementación

MATERIALES DE IMPLEMENTACIÓN	MARCA PROBADA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD.	COSTO TOTAL USD.
Taladro inalámbrico con percutor	Hilti / Boss	1	1.3	1.3
Brocas	Boss	2	10	20
Plaquetas de acero	Elliot, Fixe	55	4	220
Bolts (pernos de expansión) inox	Inox/Elliot	60	4	240
Cadena	Fiero	5	6	30
Eslabones	Fiero	20	2	40
Implementos pruebas de resistencia de materiales				358
TOTAL				2208

Fuente: Autores, 2020

En la Tabla 4 se puede ver el costo del equipo de escalada que fuera necesario para la consecución de este estudio y la consiguiente implementación de las 6 rutas de escalada.

Tabla 4: Equipo de escalada

EQUIPO DE ESCALADA	MARCA PROBADA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD.	COSTO TOTAL USD.
Cascos	Petzl	2	100	200
Cuerdas	Sterling rope	1 (70 mt)	300	300
Gri-gri	Petzl	2	130	260
Jumar	Petzl	2	80	160
Cintas tubulares	Rock empire	8	30	240
Mosquetones de seguro	Petzl	10	20	200
Juego de estopers	Black Diamond	1	100	100
Cintas express	Petzl	20	20	400
Arnés	Petzl	2	100	200
Guantes de cuero flexible	Industriales	4	4	16
TOTAL				2.076

Fuente: Autores,2020

Previo a la implementación de las rutas de escalada, e incluso luego de esta, fue necesario realizar la limpieza de la pared de roca para evitar que rocas sueltas y malezas puedan causar

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

inconvenientes e incluso presentar peligro para los usuarios. Por tal razón, la Tabla 5 contiene los costos de dichos materiales que permitieron hacer la limpieza.

Tabla 5: Materiales para limpieza de la roca.

MATERIALES PARA LIMPIEZA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO USD.	COSTO TOTAL USD.
Martillos	2	10	20
Llave pico de oro	2	10	20
Cepillos	2	5	10
Escobas	3	3	9
Machetes	1	20	20
Gafas de protección	2	30	60
Barra	1	30	30
Cabra	1	20	20
TOTAL			189

Fuente: Autores,2020

Para el desarrollo de las actividades realizadas en este proyecto se necesitó de la mano de obra de dos técnicos, cuyos salarios se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6: Mano de obra.

EQUIPO DE TRABAJO	NUMERO DE PERSONAL	PAGO SEMANAL USD	PAGO POR HORAS USD	TIEMPO EN SEMANAS	TOTAL
Técnicos	2	1000	12.50	2	2000
TOTAL					2000

Fuente: Autores,2020

Otros costos en los que se incurrió contemplan rubros como el transporte, la alimentación y materiales de oficina (Tabla 7).

Propuesta técnica para el equipamiento de seis rutas de escalada para la pared de roca del cerro Cachaway

Tabla 7: Recursos adicionales

RECURSOS ADICIONALES	COSTO USD.
Transporte	200
Alimentación	260
Materiales de oficina	36
TOTAL	496

Fuente: Autores, 2020

El valor total de la inversión para la realización de este proyecto alcanzó los USD 6969, el cuál fue cubierto en su totalidad por auspicio de la empresa TRIP deportes de aventura, el club de montañismo de la ESPOCH, la fundación Fondo de Acceso Andino, la Asociación de Guías de Montaña del Ecuador, operadoras de turismo de Riobamba y personas apasionadas a actividades de turismo de aventura (Tabla 8).

Tabla 8: Total de inversión

Total de inversión	COSTO
Materiales y equipos de implementación	2208
Equipo de escalada	2076
Materiales para limpieza de la roca	189
Mano de obra	2000
Recursos adicionales	496
Total:	6969

Fuente: Autores, 2020

Fase 2. Equipamiento de seis rutas de varios niveles de dificultad en la pared de roca del cerro Cachaway

En la segunda fase para equipar cada una de las rutas se procedió a:

Colocación de los anclajes de las estaciones para cada ruta equipada

Se seleccionó en el afloramiento rocoso seis líneas específicas que cumplen las cualidades y expectativas del equipador, que con conocimiento y experticia escogió el lugar ideal para colocar los anclajes de las estaciones de las rutas para escalada deportiva y clásica, esta selección consideró de preferencia la calidad de roca, la exposición a agentes externos, rocas fracturadas en

las partes altas, vegetación, altura, inclinación, accesibilidad entre otros y se observó detalles prismáticos en seis lugares óptimos para equipar las rutas en la pared de roca del cerro Cachaway.

Comprobación de las líneas a ser equipadas

Se realizó un consenso con varios técnicos de la Unión Internacional de Asociaciones de Guías de Montaña (UIAGM), aspirantes a guías de montaña (ESGUIM), entrenadores de muros de escalada del cantón y expertos en el deporte de clubs de montaña, para probar y escalar cada una de las rutas, con este resultado se decidió que se implementarán 4 rutas de escalada deportiva y 2 rutas para escalada clásica quedando esta nueva zona con un total de 6 rutas para escalada en roca en la primera etapa.

Probar cada ruta varias veces constituye una de las fases más atractivas para el equipo de aperturistas ya que se puede probar la ruta a equiparse marcando cada uno de los seguros con tiza o magnesio, siendo consciente que todos los escaladores poseen diferente anatomía, lo que más busca uno como aperturista es seguridad y estética. Cualquier ruta equipada o reequipada con criterio será respetada o modificada en el caso de presentar peligros.

Desprendimiento de todas las rocas erosionadas e inseguras de la pared

Esta es la operación bastante compleja e importante, después de montar los descuelgues se rápeló por cada línea analizando el estado de la roca, los agarres y con material de limpieza desde arriba hacia abajo se limpió detalladamente cada una de las seis rutas deportivas, por la inclinación de las líneas no se presentó inconveniente al limpiar las rutas, al momento de descender fue importante contar con el material adecuado para poder desprender material como rocas sueltas, tierra o lajas peligrosas y vegetación con mucho cuidado, que no esté personas o animales por la base de la ruta en limpieza, el equipador debió tener recogido la cuerda para evitar cortes en la misma, y así poder desprender materia que pudiese llegar a afectar la escalada.

Con herramientas de limpieza como martillos, puntas de hierro, cabras, cepillos, multihook se desprendió cada una de las rocas que se vieran afectadas para la implementación de las rutas en esta zona, en ocasiones las mingas de trabajo se extendieron hasta la noche para evitar que más personas transiten por el parque y poder desprender material rocoso vulnerable. La maleza vegetal del lugar no fue un impedimento ya que las líneas seleccionadas contaban con poca vegetación y

las pocas especies que se reubicaron fueron poaceas y agaváceas abundantes en el sector, a estos agaves se les reubicó en la base del afloramiento delimitando la zona para aseguradores de las rutas al momento de una buena escalada.

Perforación y colocación de las plaquetas de acero (chapas) y pernos de expansión en las líneas propuestas

Es de suma importancia la ubicación de los seguros ya que si no se lo hace técnicamente en un futuro podrían surgir acciones potencialmente peligrosas, fue importante considerar variables que nos llevan a elegir el sitio adecuado. Por un lado, las variables controlables, es decir las que existen siempre y que debemos tener en cuenta inexcusablemente: 1) Las distancias entre los seguros, 2) la longitud de la cuerda entre el arnés y la chapa aseguradora y 3) la posición adecuada al momento de mosquetonear.

Por otro lado, está la única variable en la que el equipador no puede hacer nada y que es del todo imprevisible, la cual es la actuación del asegurador al momento de la operación. Por muy perfecta que esté equipada una vía, si el asegurador no sabe o no está atento puede provocar incidentes al escalador incluso podría caer al suelo (falla técnica).

Con la utilización de un taladro inalámbrico de percusión se procedió a perforar los agujeros y colocar correctamente cada uno de los anclajes, asegurándose que cada plaqueta quede en la posición correcta y que cada perno (bolt) se haya expandido de forma ideal y verificar que la tuerca de la rosca este completamente ajustada. Las líneas para rutas de escalada son de un solo largo, con acceso por la parte superior del afloramiento por lo que se realizó un ascenso hacia la parte superior del mismo hasta encontrar roca de excelente calidad, para poder colocar una primera estación con tres puntos de apoyo de la cual se realizó el primer rapel o descuelgue de aproximadamente 20 metros, hasta los puntos seleccionados para colocar las estaciones de cada una de las rutas. Una vez en el lugar de interés se determinó la viabilidad técnica para implementar los anclajes estación o reuniones a diferentes alturas y considerando la distancia ideal entre cada ruta.

Una vez en el lugar se comprobó nuevamente la calidad de roca con un martillo de golpe y se colocó la segunda estación. Se perforó agujeros para las 2 estaciones siguientes considerando dirigir bien la broca respecto a la perpendicularidad de la pared y el ángulo que formen estos dos

anclajes no sobrepasen los 45°, ni tengan menos de 15°, lo cual es importante tener en cuenta para la distribución de fuerzas a las cuales serán sometidas los anclajes al momento de trabajar como una estación de seguridad de rutas de escalada deportiva en roca y clásica.

Los anclajes que se implementó son anclajes de expansión por anillo, una chapa o plaqueta, tres eslabones y dos cadenas de acero galvanizadas, por cada estación de seguridad. Los pernos corresponden al anclaje compuesto de una varilla parcialmente enroscada, en cuyo extremo acabado en forma de cuña lleva sobre él un anillo metálico inoxidable, que se expande mediante el apriete por rotación utilizando una llave mecánica para ello, es decir atornillando la tuerca se expande el anillo del bolt o perno de expansión. La fijación se consigue por la cuña que rodea al cuerpo principal del anclaje, al final del mismo, para entenderlo de mejor manera. Al ajustar la tuerca todo el anclaje tiende a salir excepto el anillo expansor que al tocar las paredes de roca se queda en su sitio, montándose sobre la cuña expandiendo al anillo hasta ajustar en su totalidad. La principal ventaja del uso de este tipo de implemento es que, al ser la expansión por anillo exterior, no hace falta calcular la longitud del agujero con exactitud.

Fase 3. evaluación técnica de las rutas implementadas

Durante la tercera fase se llevó a cabo la evaluación técnica de las rutas implementadas considerando las siguientes actividades:

Comprobación de los seguros implementados

Para cumplir con esta actividad se ejecutó en cada seguro un factor de vuelo, para verificar que la caída del escalador sea limpia y segura en cuanto a exposición de golpe, a posición del anclaje con relación a la inclinación de la roca y se comprobó que la distancia de caída entre seguro es ideal considerando un factor dinámico de cada uno de los materiales que forman la cadena de seguridad. Se probó la veracidad en cada uno de los seguros implementados de las 4 rutas deportivas y 2 rutas clásicas equipadas y reequipadas en la pared de roca del cerro Cachaway.

En los consensos realizados durante la implementación y equipamiento de las rutas de escalada con profesionales del deporte se resolvió que las rutas implementadas y expuestas en la primera exhibición cumplen con características efectivas en todos los ámbitos.

Determinación del nivel de dificultad de las rutas implementadas

Para determinar el nivel de dificultad entre esto se realizó dos exhibiciones con escaladores expertos y se comparó con la escala de acotación francesa (Barrabes Esqui y Montaña, 2020; Masiatous, 2020). Para determinar el grado de dificultad para cada ruta se consideró la inclinación de las rutas, la cantidad y calidad de agarres existentes en las mismas, la geomorfología de la pared y se concluyó en consenso que las 4 rutas de escalada deportiva implementadas son de 6to grado, y las rutas clásicas son de 5to grado, según la experticia de los practicantes de escalada y basándonos en una tabla internacional de referencia utilizada para escalada deportiva de dificultad en la cual nos muestra que nuestra graduación coincide a la escala francesa (Tabla 9).

Tabla 9: Grados de dificultad de escalada en roca

Novicio	Principiante	Intermedio	Avanzado	Experto	Super Experto	Elite	Super Elite
1	4a	5b	6b+	7b	8a	8b	9a
2	4b	5c	6c	7b+	8a+	8b+	9a+
3	4c	6a	6c+	7c		8c	9b
	5a	6a+	7a	7c+		8c+	9b+
		6b	7a+				9c
		6b+					
		5b					

Fuente: Hill (2007, p. 94); Maioni (2021)

Finalmente, como aporte al turismo de aventura de Riobamba y la provincia de Chimborazo, los resultados de este estudio, serán presentados en una guía de rutas de escalada del cerro Cachaway.

Conclusiones

- El equipamiento de seis rutas de escalada deportiva y tradicional en el cerro Cachaway se desarrolló con todos los estándares de seguridad considerando la composición de la roca de la zona implementada, los materiales utilizados y las técnicas aplicadas en la apertura. Para el análisis de la roca se realizó un levantamiento geológico – geotécnico del lugar resultando favorable para la implementación del proyecto. El resultado de la prueba de resistencia de material indico que los materiales utilizados en la implementación superan el límite de resistencia que presenta en la homologación de fábrica lo cual es favorable para la primera etapa de implementación.

- Para el equipamiento de las cuatro rutas para escalada deportiva y dos rutas para escalada tradicional, se analizó características del afloramiento de roca seleccionando los ideales para equipar los anclajes estación. Se probó varias veces cada una de las líneas ideales previo a colocar cada uno de los anclajes de seguridad de las rutas deportivas.
- Se evaluó cada una de las rutas implementadas mediante varias técnicas como factor de caída, exposición de las rutas y con toda la información recopilada se procedió a realizar un topo de la zona implementada para escalada deportiva en el cerro Cachaway.

Referencias

1. Barrabes Esqui y Montaña. (2020). Graduaciones de escalada en roca y sus equivalencias: deportiva, clásica, artificial, búlder. Retrieved from <https://www.barrabes.com/blog/consejos/2-6746/Graduaciones-escalada-roca-sus-equivalencias>
2. Bickman, L. (2009). The SAGE Handbook of Applied Social Research Methods. The SAGE Handbook of Applied Social Research Methods. SAGE Publications, Inc. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.
3. Buenaño P. A. (2019). Análisis geológico y geofísico aplicado a la prospección hidrogeológica entre las localidades de Riobamba y Pungalá (Bachelor's thesis, Quito, 2019.).
4. Cáceres, R. (2015). Manual de la Escuela de Guías de Montaña del Ecuador. Estaciones artificiales de seguridad. Quito - Ecuador. Recuperado en junio de 2018, de: <https://aseguim.org/>.
5. Creswell, J. W. (2009). Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (3rd ed.). Los Angeles: SAGE Publications, Inc.
6. Guinda, F. (2000). Manual de equipamiento de rutas de escalada. pág. 23. Madrid – España
7. Hattingh, G. (2001). Escalada en roca & escalada de paredes (Color). Editorial Paidotribo.
8. Kalaian, S. A. (2008). Research Design. In P. J. Lavrakas (Ed.), Encyclopedia of Survey Research Methods (pp. 725-732). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.

9. Kennerley, J. (1980). Esquema de la Geología del Ecuador.
10. Lozada, F., y Randel, P. (1973). Hoja geológica de Chimborazo, escala 1:100000. Dirección General de Geología y Minas, Quito.
11. Maioni, E. (2021). Rock Climbing Grades. Retrieved from <https://www.guidedolomiti.com/en/rock-climbing-grades/>
12. Masiatous. (2020). Graduación de dificultades en la escalada. Retrieved from <https://masiatous.es/graduacion-de-dificultades-en-la-escalada/>
13. Mena-Carmona, J. R. (2016). Análisis de la estabilidad de suelos y rocas blandas. Caso de estudio: tres taludes en la Ruta Nacional No. 856.
14. Ministerio de Turismo. (2007). Diseño del plan estratégico de desarrollo de turismo sostenible para Ecuador “PLANDETUR 2020”. Informe final. Retrieved from Quito, Ecuador: <https://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/PLANDETUR-2020.pdf>
15. Naveda, S. (2018). Diseño de rutas de escalada en roca en el cerro Cachaway, (Prácticas Pre-profesionales) Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba - Ecuador
16. Ruiz, M. C., y Díaz, E. B. (2015). Resistencia de materiales: CIMNE.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).