

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS
PÚBLICAS FRENTE A LA EJECUCIÓN DE OBRAS EN LIMA
METROPOLITANA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERA AGRÓNOMA

CARLA PATRICIA ARAUJO MORENO

LIMA – PERÚ

2023

Document Information

Analyzed document	CARLA PATRICIA ARAUJO MORENO REVISIÓN final.docx (D168296394)
Submitted	5/24/2023 9:21:00 PM
Submitted by	Isabel
Submitter email	imontes@lamolina.edu.pe
Similarity	2%
Analysis address	imontes.unalm@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP Veliz Javier. 2023. Final (1).docx Document TSP Veliz Javier. 2023. Final (1).docx (D159829805) Submitted by: grivera@lamolina.edu.pe Receiver: grivera.unalm@analysis.orkund.com	 3
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP (2022-I)-Cesar A. Hermoza.docx Document TSP (2022-I)-Cesar A. Hermoza.docx (D167136211) Submitted by: rosamaria@lamolina.edu.pe Receiver: rosamaria.unalm@analysis.orkund.com	 1
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TESIS_MANYAHUILLCA final.docx Document TESIS_MANYAHUILLCA final.docx (D163760156) Submitted by: mmanta@lamolina.edu.pe Receiver: mmanta.unalm@analysis.orkund.com	 1
W	URL: https://rpp.pe/peru/actualidad/areas-verdes-lima-tiene-un-deficit-de-56-millones-de-metros-cua... Fetched: 4/20/2021 1:45:19 PM	 1
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / MONOGRAFÍA VB FINAL BAN (1).pdf Document MONOGRAFÍA VB FINAL BAN (1).pdf (D151226382) Submitted by: rramirez@lamolina.edu.pe Receiver: rramirez.unalm@analysis.orkund.com	 1
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / Documento deTesis_AlexNina.docx Document Documento deTesis_AlexNina.docx (D141795959) Submitted by: reynel@lamolina.edu.pe Receiver: reynel.unalm@analysis.orkund.com	 2
SA	AVANCE 3.docx Document AVANCE 3.docx (D127090459)	 1

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE ÁREAS VERDES URBANAS
PÚBLICAS FRENTE A LA EJECUCIÓN DE OBRAS EN LIMA
METROPOLITANA.”**

Carla Patricia Araujo Moreno

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de
INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Ph.D.Elizabeth Consuelo Heros Aguilar
PRESIDENTE

Ing. José Alfredo Palacios Vallejo
ASESOR

Ing.Mg.Sc.Giovanna Patricia Rivera Oballe
MIEMBRO

Ing.M.Sc.Sofía Jesús Flores Vivar
MIEMBRO

LIMA- PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios padre Jehová y Jesucristo por iluminar mi camino y darme la fortaleza necesaria para superar muchas dificultades.

A mis padres y hermana por su apoyo, en especial a mi mamá Nelly Moreno Castillo, por todo el amor y el esfuerzo para sacarme adelante; el cual me impulsó a ser mejor cada día.

A Fidel Haussen Rojas Iruri por siempre creer en mis sueños y apoyarme a cumplirlos.

A todas las personas que comparten el amor por las áreas verdes y hacen el esfuerzo para conservar, promover y proteger la superficie verde en la ciudad.

Carla Patricia Araujo Moreno

AGRADECIMIENTO

A Dios padre Jehová y Jesucristo, por todas las bendiciones y la guía incondicional en cada etapa de mi vida; puesto que su amor infinito me ayudó a superar muchas adversidades e impulsó a ser una mejor persona en el ámbito espiritual, mental y profesional.

A mi madre Nelly Moreno Castillo por darme lo mejor de sí misma, apoyarme y encaminarme desde muy niña a cumplir mi meta de estudiar en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

A mi enamorado Fidel Haussen Rojas Iruri, por siempre creer en mí, motivarme a desarrollar y potenciar habilidades en el ámbito profesional y personal; así como, ser parte del soporte emocional que necesitaba para el desarrollo del presente trabajo.

A mi estimado asesor José Palacios Vallejos, mentor e inspiración de la especialidad de Ornamentales de la Facultad de Agronomía, por la formación profesional, el constante apoyo, la paciencia y la buena voluntad para acompañarme en cada paso profesional. Asimismo, agradezco a la profesora Sofia Flores del Programa de Investigación en Plantas Ornamentales – UNALM, por sus importantes aportes académicos y la ayuda brindada para la mejora continua de este trabajo.

A mis compañeros de la División de Áreas Verdes y Ecosistemas – MML, en especial a Elizabeth Reategui, Edson Aguilar y Saúl Gonzales; por el apoyo, los consejos y los conocimientos impartidos a lo largo de mi trayecto en la gestión pública de las áreas verdes.

A Bladimir Quiroz, Guillermo Gonzales, Roque Capristan y Angela Dávila; por compartir su experiencia profesional y criterios técnicos en el adecuado manejo del arbolado urbano.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMÁTICA	2
1.2 OBJETIVOS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 DEFINICIÓN DE ÁREAS VERDES.....	4
2.2 TIPOLOGÍA DE LAS ÁREAS VERDES.....	4
2.2.1 Áreas verdes privadas	4
2.2.2 Áreas verdes públicas	5
2.3 COMPONENTES DE LAS ÁREAS VERDES PÚBLICAS	10
2.3.1 Aires	10
2.3.2 Vegetación urbana	13
2.3.3 Suelo y subsuelo	21
2.3.4 Infraestructura de recreación pública	23
2.3.5 Infraestructura de soporte	24
2.3.6 Mobiliario urbano	24
2.4 BENEFICIOS DE LAS ÁREAS VERDES.....	25
2.4.1 Servicios ecosistémicos	25
2.4.2 Beneficios sociales	28
2.4.3 Beneficios en la salud	29
2.4.4 Beneficios económicos	29
2.5 TIPOS DE OBRAS EN LAS ÁREAS VERDES PÚBLICAS.....	30
2.6 AFECTACIÓN A LAS ÁREAS VERDES FRENTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS.....	32
2.6.1 Afectación a nivel subterráneo:	32
2.6.2 Afectación a nivel aéreo:	40
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	52
3.1 ÁREA DE ESTUDIO	52
3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EXPERIENCIA.....	52
3.2.1 Centro laboral	52
3.2.2 Cargo	53
3.2.3 Funciones.....	53
3.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ÁREAS VERDES PÚBLICAS FRENTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS	54

3.3.1	Alta demanda de construcción.....	54
3.3.2	Falta de planificación urbana.....	55
3.3.3	Priorización de la circulación vehicular sobre las áreas verdes.....	55
3.3.4	Falta de conocimiento y conciencia ambiental.....	55
3.3.5	Ejecución de malas prácticas.....	56
3.3.6	Carencias y limitaciones en la Normativa Metropolitana	56
3.3.7	Falencias de las solicitudes de opinión técnica	58
3.3.8	Limitaciones en la Gestión Pública Municipal.....	59
3.4	EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES FRENTE LA EJECUCIÓN DE UNA OBRA	60
3.4.1	Evaluación de la afectación del suelo y/o subsuelo.....	60
3.4.2	Evaluación de la afectación de la cobertura vegetal.....	63
3.4.3	Metodología de la afectación de las especies de porte bajo y mediano	63
3.4.4	Metodología de la afectación en el arbolado	64
3.5	MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN FRENTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS.....	72
3.5.1	Fase de planificación	72
3.5.2	Fase de diseño.....	74
3.5.3	Fase de pre-construcción	76
3.5.4	Fase de construcción.....	81
3.5.5	Fase post-construcción	86
3.6	SUPERVISIÓN DE UN ÁREA VERDE PÚBLICA FRENTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS EN LIMA METROPOLITANA	89
3.6.1	Supervisión de las áreas verdes públicas en atención a la solicitud de opinión técnica	89
3.6.2	Supervisión inopinada del área verde pública durante la ejecución y post-ejecución de una obra.....	90
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	92
V.	CONCLUSIONES.....	103
VI.	RECOMENDACIONES.....	104
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS	122

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Tipos de Parques urbanos y periurbanos en Lima Metropolitana.....	6
Tabla N° 2. Distritos con mayor cantidad de áreas verdes en Lima Metropolitana.	9
Tabla N° 3. Distritos con menor cantidad de áreas verdes en Lima Metropolitana.	10
Tabla N° 4. Relación entre la densidad aparente y el grado de compactación, según el tipo de textura del suelo	61
Tabla N° 5. Porcentaje de lecturas para determinar del grado de compactación.....	62
Tabla N° 6. Características de los indicadores de compactación del suelo.	62
Tabla N° 7. Relación del porcentaje de cobertura vegetal y el grado de degradación del suelo.....	63
Tabla N° 8. Ejemplos de aplicación de la metodología de determinación de la Distancia Crítica Radicular - ZCR.....	65
Tabla N° 9. Directrices para determinar el factor de la Zona de Protección Arbórea -ZPA, para árboles sanos y estructuralmente sólidos.	67
Tabla N° 10. Grado de afectación por podas arbóreas.....	69
Tabla N° 11. Grado de severidad del daño mecánico por descortezamiento arbóreo.	70
Tabla N° 12: Matriz de idoneidad para determinar la posibilidad de conservación de los individuos arbóreos antes de la ejecución de una obra.....	71
Tabla N° 13. Requisitos de distancia mínima para ejecutar túneles subterráneos en las proximidades de la estructura arbórea a una profundidad de 0,6 m a 1 m	83
Tabla N° 14. Procedimientos recomendados según los diámetros de las raíces arbóreas ..	84

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Parque distrital denominado “San Juan”, en el distrito de Chaclacayo, provincia y departamento de Lima.	7
Figura N° 2. Parque Mariscal Ramon Castilla del distrito de Lince.	8
Figura N° 3. Distribución de las áreas verdes públicas en Lima Metropolitana.	8
Figura N° 4. Concentración promedio mensual de material particulado fino (PM2.5) de las Zonas Centro, Este, Norte y Sur de Lima Metropolitana, en el periodo 2021 - 2022.....	11
Figura N° 5. Concentración promedio mensual de material particulado grueso (PM10) de las Zonas Centro, Este, Norte y Sur de Lima Metropolitana, en el periodo 2021 - 2022 ...	12
Figura N° 6. Interacción de la infraestructura urbana con el arbolado en la ciudad	14
Figura N° 7. Diversas formas de la arquitectura de la copa arbórea.	15
Figura N° 8. Compartimentación de heridas en el tronco arbóreo..	16
Figura N° 9. Tipos de Zonas en el Sistema Radicular Arbóreo.....	18
Figura N° 10. Plantas de porte pequeño según la consistencia de su tallo.	19
Figura N° 11. Macizos y cercos ornamentales.	19
Figura N° 12. Cubresuelo de la especie <i>Carpobrotus edulis</i> “Clavel chino”	20
Figura N° 13. Materiales de origen antrópico y recubrimiento de concreto y hormigón sobre el suelo urbano situado en una berma lateral, en el distrito de Breña.	22
Figura N° 14. Zona de recreación activa, situado en el parque Mariscal Ramon Castilla del distrito de Lince.	23
Figura N° 15. Senderos peatonales a base de piedra chancada en la Plaza de Armas de Chosica, en el distrito de Lurigancho – Chosica.	24
Figura N° 16. Infraestructura de soporte en áreas verdes públicas.....	24
Figura N° 17. Mobiliario urbano situado en el Parque Bruno, del distrito de Chorrillos...	25
Figura N° 18. Efecto termorregulador de las áreas verdes.	25
Figura N° 19. Creación de microclimas agradables por las áreas verdes.....	26
Figura N° 20. Influencia de las características de las hojas en la mejora de la calidad del aire.	27
Figura N° 21. Atenuación del ruido vehicular por el área verde	28
Figura N° 22. Ejecución de una obra de servicio básico (electricidad) situado en la berma lateral del distrito del Agustino.	31
Figura N° 23: Uso de maquinaria pesada y acumulación de materiales de construcción sobre la superficie del área verde.	32
Figura N° 24. Compactación de suelo, marchitamiento del césped y afectación al sistema radicular de un árbol de <i>Schinus molle</i> “Molle serrano”; debido al uso de maquinaria pesada y tránsito frecuente del personal operario en las áreas verdes.....	33
Figura N° 25. Problemas de cimentación en la superficie del suelo	34
Figura N° 26. Derrame de aceites y/o combustibles (petróleo) sobre el suelo y el cubresuelo de la especie <i>Stenotaphrum secundatum</i> “Gras americano”.	34
Figura N° 27. Ejecución de inadecuadas podas radiculares en las raíces de anclaje de un individuo arbóreo de la especie <i>Schinus molle</i> “Molle serrano”	36
Figura N° 28. Afectación a la estructura radicular de anclaje del arbolado próximo a la construcción de una ciclovía.....	37
Figura N° 29. Acumulación de residuos sólidos provenientes de excavaciones sobre la base del fuste de un árbol de la especie <i>Schinus molle</i> “Molle serrano” y varias suculentas arbustivas de la especie <i>Euphorbia candelabrum</i> “Candelabro”	38
Figura N° 30. Procedimiento de retiro de suelo y poda de raíces en las proximidades del fuste arbóreo, con el fin de disminuir la cota o el nivel del terreno.	39
Figura N° 31. Disminución del nivel o cota del suelo.....	39

Figura N° 32. Incremento de una capa de suelo para aumentar la cota o el nivel del terreno sobre la base del sistema radicular arbóreo	40
Figura N° 33. Daños mecánicos (descortezamiento y raspones) en la parte media y basal del tronco de un árbol de la especie <i>Ficus benjamina</i> “Ficus” por el uso de maquinaria pesada en la ejecución de una obra de servicio básico sobre el área verde.	41
Figura N° 34. Daños mecánicos en la estructura aérea de la especie <i>Delonix regia</i> “Ponciana”; asimismo, problemas de compactación del suelo y reducción de una berma lateral por las actividades constructivas de una inmobiliaria.	42
Figura N° 35. Ejecución de podas antitécnicas en el tronco arbóreo.	43
Figura N° 36. Ejecución de podas severas arbóreas	44
Figura N° 37. Árboles podados severamente, los cuales se encuentran proliferando brotes epicórmicos con unión débil y representan un riesgo de caída	45
Figura N° 38. Ejecución de podas severas (falta del eje principal y follaje) en el procedimiento de trasplante de 2 palmeras de la especie <i>Washingtonia robusta</i> “Palmera Abanico”, situadas en la berma lateral de la Av. Huaylas del distrito de Chorrillos	47
Figura N° 39. Malas prácticas en el trasplante del arbolado.	48
Figura N° 40. Tala no autorizada de árboles de la especie <i>Schinus terebinthifolius</i> “Molle costeño”, situados en un parque del distrito de San Miguel.	51
Figura N° 41. Variación del Producto Bruto Interno – PBI del sector construcción en el Perú en el periodo: 2017-2021.	54
Figura N° 42. Método de línea de goteo para definir la Zona de Protección Arbórea.	66
Figura N° 43. Representación gráfica de los ejemplos del uso del método del diámetro del tronco para determinar el radio de la ZPA	68
Figura N° 44. Establecimiento de una Zona de Protección Arborea - ZPA con barreras de madera	76
Figura N° 45. Diferencia entre un área de protección integral de varias especies respecto a varias áreas de protección individual	77
Figura N° 46. Opciones de protección de suelos y raíces dentro de la ZPA	79
Figura N° 47. Uso de rampa o puente elevado sobre la estructura radicular de un árbol con una estructura radicular y aérea muy desarrollada	79
Figura N° 48. Medidas de protección a la estructura aérea arbórea frente la posible afectación por la circulación de vehículos, maquinaria pesada, etc.	80
Figura N° 49. Diferencia entre la ejecución de zanjas por método manual y uso de maquina tuneladora subterránea en el impacto del sistema radicular arbóreo	82
Figura N° 50. Criterios para la ejecución de túneles subterráneos debajo del sistema radicular arbóreo.....	82
Figura N° 51. Ejecución de Zanjas subterráneas mediante tecnología de excavación aérea o sin contacto, llamada “Pala de Aire”.	83
Figura N° 52. Alternativas para minimizar el impacto del cambio de cota del suelo sobre el sistema radicular arbóreo.....	86
Figura N° 53. Lavado de follaje por acumulación de polvo después de una obra	88
Figura N° 54. Método del mulching vertical.	88
Figura N° 55. Estado de conservación inicial (antes de la obra) de las áreas verdes, situadas en el separador central del distrito de Santiago de Surco.	93
Figura N° 56. Apertura de una zanja (1.80 m aprox. de ancho y 2.00 m aprox. de profundidad) para instalación del servicio eléctrico, situada a una distancia aproximada de 0.80 m de un individuo arbóreo de la especie <i>Schinus molle</i> “Molle serrano”	94
Figura N° 57. Ejecución de inadecuadas podas radiculares en las raíces de anclaje de un individuo arbóreo de la especie <i>Schinus molle</i> “Molle serrano”.	95

Figura N° 58. Sistema radicular de un árbol de la especie <i>Schinus terebinthifolius</i> “Molle costeño” después de 04 meses del cierre de la zanja.	96
Figura N° 59. Arbolado de la especie <i>Schinus terebinthifolius</i> “Molle costeño”, <i>Ficus benjamina</i> “Ficus” y <i>Populus nigra</i> “Álamo” que fueron intervenidos por una inadecuada poda radicular y falta de riego después de 04 meses del cierre de la zanja.....	97
Figura N° 60. Uso de maquinaria pesada en el separador central.	97
Figura N° 61. Acumulación de residuos provenientes de excavaciones sobre la base del tronco del arbolado y la superficie del suelo.	98
Figura N° 62. Daños mecánicos en la estructura arbórea por la falta de protección del arbolado en la ejecución de obras.....	99
Figura N° 63. Compensación final del área verde intervenida, donde se observa macizos con buen vigor y crecimiento, mientras otras incompletos.	101
Figura N° 64. Arbolado de la especie <i>Ficus benjamina</i> “Ficus”, <i>Schinus terebinthifolius</i> “Molle costeño” y <i>Populus nigra</i> “Álamo”, los cuales presentan pérdida de vigorosidad y defoliación prematura.	101
Figura N° 65. Aumento de síntomas (exudaciones, pudrición del tronco y raíces, etc.) del hongo <i>Lasiodiplodia sp.</i> en el arbolado de <i>Populus nigra</i> “Álamo” y <i>Eucalyptus globulus</i> “Eucalipto”.	102
Figura N° 66. Sistema radicular cortado y mutilado muy cerca al tronco de algunos árboles de la especie <i>Ficus benjamina</i> “Ficus”.	102

INDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Tolerancia de especies arbóreas frente a la intervención por actividades constructivas (poda de raíces) y el procedimiento de trasplante en Lima Metropolitana.	122
Anexo N° 2: Memorando N° 916-2019-MML/GSCGA-SGA.....	125
Anexo N° 3: Memorando N° 314-2020-MML/GSCGA-SGA.....	128
Anexo N° 4: Cuadro de Infracciones y Sanciones Administrativas (CISA).....	131
Anexo N° 5: Ficha de supervisión y control del Plan de Protección y Conservación de las áreas verdes durante la etapa de ejecución de obras.....	132
Anexo N° 6: Ficha de control y certificación del Plan de Protección y Conservación de las áreas verdes en la etapa post – construcción o final de la obra	133

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional, busca ser una propuesta de mejora respecto las medidas de conservación y protección de las áreas verdes públicas a lo largo de todas las etapas de una obra en la ciudad de Lima Metropolitana. Para ello, se realizó un análisis del estado situacional de la ejecución de obras en las áreas verdes públicas de la metrópolis limeña, con el propósito de entender el contexto actual y la problemática en la conservación de su vegetación. Dado a que la mala praxis en este tipo de intervenciones ocasiona daños en las especies vegetales y el suelo, se propone una serie de metodologías para determinar el grado de afectación en cada componente de las áreas verdes públicas (arbolado urbano, plantas de porte bajo y mediano, cubresuelo, suelo, etc.). Las metodologías descritas en este trabajo, servirán para tomar medidas de prevención y mitigación inmediata frente al impacto negativo de las actividades constructivas sobre las áreas verdes a nivel subterráneo y aéreo. Dichas medidas son detalladas en el Plan de Conservación y Protección de las Áreas Verdes, por cada una de las etapas de una obra (planificación, diseño, pre-construcción, construcción y post-construcción); con el fin de asegurar una alta eficiencia en el cuidado de los espacios verdes. Asimismo, estos protocolos para la supervisión de obras en áreas verdes públicas servirán para la mejora de la gestión pública municipal. Finalmente, se presenta el análisis de un proyecto de servicios básicos en las áreas verdes públicas, donde se evidencia que el incumplimiento de las medidas de protección en la vegetación urbana genera daños a corto y largo plazo; siendo el componente arbóreo el más afectado.

Palabras clave: áreas verdes públicas, medidas de protección, conservación, obras, Lima Metropolitana, afectación, vegetación urbana, arbolado urbano.

ABSTRACT

The present professional sufficiency work, aims to be a proposal for improvement regarding the conservation and protection measures of public green areas throughout all stages of a construction project in the city of Lima Metropolitana. For this purpose, an analysis was conducted on the current situation of construction projects in public green areas in the Lima metrópolis, with the purpose of understanding the current context and the issues related to the conservation of its vegetation. Given that poor practices in these types of interventions cause damage to plant species and soil, a series of methodologies is proposed to determine the degree of impact on each component of public green areas (urban trees, low and medium-sized plants, ground cover, soil, etc.). The methodologies described in this work, will serve to take preventive and immediate mitigation measures against the negative impact of construction activities on green areas at both ground and air levels. These measures are detailed in the Green Areas Conservation and Protection Plan, for each stage of a construction project (planning, design, pre-construction, construction and post-construction); with the aim of ensuring a high level of efficiency in the care of green spaces. Furthermore, these protocols for supervising construction projects in public green areas will serve to improve municipal public management. Finally, the analysis of a basic services project in public green areas is presented, where it is evident that non-compliance with protection measures for urban vegetation causes short and long-term damages, with the tree component being the most affected.

Key words: public green areas, protection measures, conservation, construction project, Lima Metropolitana, impact, urban vegetation, urban trees.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMÁTICA

Actualmente, el Perú ha duplicado la población registrada hace 50 años, con 33 millones 396 mil 700 de habitantes, considerándose a Lima Metropolitana como la ciudad más poblada del Perú, debido a que tiene 10 millones 4 mil 141 habitantes, representando el 29,9% de la población peruana. De ese total, más del 82,4% reside actualmente en zonas urbanas (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2022), situación que ocasionado una alta demanda de la construcción de viviendas e infraestructura urbana y la expansión e invasión de zonas de importancia ambiental como las áreas verdes (Quintero, 2019).

La dinámica urbana está ligada a la ejecución constante de obras: construcción inmobiliaria, pavimentación, modificaciones de terrenos por cambio de uso, infraestructuras, redes de servicios básicos e instalación de diversos elementos (Rodríguez y Ferro, 2014). No obstante, la mayoría de los proyectos no tienen en cuenta la importancia de la vegetación urbana y priorizan sus intereses económicos; por lo tanto, afectan el estado de conservación de las áreas verdes, deteriorándolas, reduciéndolas y en otros casos eliminándolas.

A esto se suma, que la falta de planificación urbana y la desorganización institucional, ha contribuido a intensificar la pérdida de superficie de áreas verdes (Flores y Chica, 2016), como es el caso de Lima Metropolitana. El último censo efectuado en el año 2018 en la referida ciudad, registro un total de 30 374 527 m² de áreas verdes públicas, equivalente a 3.26 m²/ hab., el cual es 5.51% menos con respecto al año 2017 (3.45 m²/hab.) (INEI, 2020) y es considerado un nivel inferior a los estándares recomendados (9 – 15 m²/hab.) por la Organización Mundial de la Salud (Gómez, 2016).

La mayoría de los proyectos constructivos en áreas verdes públicas de Lima Metropolitana, involucra zonas con presencia de vegetación urbana donde el arbolado es el más afectado. El impacto de estas obras puede darse a nivel radicular y en la estructura aérea del árbol, las cuales pueden tener efectos instantáneos; mientras otros se manifiestan después de varios años, conllevando a la muerte paulatina del árbol (Ayuntamiento de Sevilla, 2019).

Los efectos inmediatos se manifiestan como la disminución de vigor y menor crecimiento por estrés, asfixia radicular por problemas de compactación del suelo, reducción de la capacidad de transporte de agua, nutrientes y fotosintatos por daños mecánicos, pérdida parcial o total de estructuras vegetales por podas drásticas y talas, susceptibilidad al ataque de plagas y/o enfermedades, etc. Mientras, los efectos a largo plazo son infecciones radiculares, síntomas de pudrición del tronco, muerte regresiva, pérdida de estabilidad y aumento del riesgo de caída arbórea (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

En ese sentido, la mala praxis en las áreas verdes es muy frecuente por la falta de un plan de manejo de estas frente a la ejecución de obras, carencia de criterios técnicos apropiados y personal no capacitado. Dicha situación causa daños en los pocos espacios verdes existentes de Lima Metropolitana; lo cual ha generado conflictos sociales por la afectación de los mismos (Ramos y Ramos, 2021).

La falta de información especializada en estos temas es limitada, teniendo como principal referente metropolitano la Ordenanza N°1852: “Ordenanza para la Conservación y Gestión de las Áreas Verdes en la Provincia de Lima” de la Municipalidad Metropolitana de Lima, vigente desde el 2014. Dicha normativa carece de un reglamento, donde se especifique los procedimientos técnicos y/o protocolos oportunos que deben ser implementados en las áreas verdes de uso público frente a una intervención por obras.

Por lo tanto, el presente Trabajo de Suficiencia Profesional tiene por finalidad brindar las medidas de conservación y protección de las áreas verdes públicas antes, durante y después de la ejecución de obras en Lima Metropolitana. Y ser un documento de consulta durante la planificación de cualquier proyecto, para reducir el impacto negativo en las áreas verdes públicas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Brindar estrategias adecuadas respecto a los procedimientos técnicos para la conservación y protección de las áreas verdes públicas antes, durante y después de la ejecución de obras en Lima Metropolitana.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Analizar el estado situacional de la ejecución de obras en las áreas verdes públicas de Lima Metropolitana.
- Establecer metodologías para determinar la afectación de la ejecución de obras sobre las áreas verdes públicas.
- Proponer un plan de protección y conservación de las áreas verdes públicas frente a la ejecución de obras en todas sus fases.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DEFINICIÓN DE ÁREAS VERDES

Según la Ordenanza N° 1852-MML¹ (2014) lo define como aquellas “*áreas o espacios donde se pueden establecer toda clase de especies vegetales (plantas de cobertura, arbustos, palmeras, árboles, entre otros)*” (p. 541493).

Estos espacios verdes están situados dentro de la ciudad y requieren de la intervención del hombre para su planificación, manejo y conservación (Bulnes et al., 2017; Taylor y Hochuli, 2017).

Las áreas verdes son consideradas como un elemento clave para la mejora de la calidad de vida de las personas, la conservación de la naturaleza y sostenibilidad ambiental en la ciudad, debido a que proveen múltiples beneficios (ambientales, sociales, salud pública y económicos) (Mpofu, 2013; Pereira, 2015).

2.2 TIPOLOGÍA DE LAS ÁREAS VERDES

Según Falcon (2007) y Flores y Chica (2016), las áreas verdes se dividen en privadas y públicas.

2.2.1 Áreas verdes privadas

Las áreas verdes privadas son espacios con vegetación de acceso restringido y de mantenimiento particular, que se encuentran jardines y azoteas verdes dentro de residencias y edificios; asimismo, en centros deportivos, cementerios, hospitales, etc. (Flores y Chica, 2016; Flores y González, 2010; Rojas y Smith, 2019). Por ejemplo, en el distrito de Chaclacayo, se sitúan en ámbitos residenciales o de clubes recreativos (Capristan, 2017).

Actualmente, no existe una normativa que integre a las áreas verdes privadas como parte del espacio público de Lima Metropolitana. Asimismo, no se cuenta con estadísticas y/o mayor

¹ MML: *Municipalidad Metropolitana de Lima*

información sobre ellas; las cuales pueden ser de gran utilidad para amortiguar el déficit de áreas verdes existentes en la ciudad.

2.2.2 Áreas verdes públicas

Según la Ordenanza N° 1852-MML (2014) define a las áreas verdes públicas como espacios verdes de dominio público, que pueden estar habilitados o no, así como, presentar o carecer de vegetación, situados en parques, plazas, paseos, alamedas, malecones, bermas laterales, separadores centrales y aportes para recreación pública en las habilitaciones urbanas.

Las áreas verdes públicas son consideradas como el lugar más democrático que posee la ciudad, dado a que son un elemento de igualdad y alcance inmediato para la sociedad. Dichos espacios permiten el acceso y el disfrute a un entorno con naturaleza y equipamientos recreativos y de contemplación (Márquez, 2010; Reinoso, 2018). Por lo tanto, dichos espacios verdes públicos tienen un enfoque ecológico y social en la ciudad y son gestionados por los administradores locales (Vásquez, 2004).

- **Tipos de Áreas Verdes Públicas**

Las áreas verdes públicas están clasificadas en diversas tipologías de acuerdo a su tamaño, diseño, función (recreativa, ambiental, social, otras) y población objetivo (Flores y González, 2010). Su finalidad en la ciudad incluye la protección de la biodiversidad, favorecimiento de la socialización y/o actividades recreativas, etc. (Contreras, 2017).

En el ámbito de Lima Metropolitana, la Ordenanza N° 1852-MML (2014), clasifica a las áreas verdes de uso público en parques urbanos y periurbanos, áreas verdes complementarias y áreas de reserva ambiental.

a) Parques urbanos y periurbanos:

Los parques urbanos y periurbanos son espacios públicos donde predomina el área verde sobre la infraestructura, los cuales brindan servicios ambientales, recreacionales, culturales, económicos a la población. Dichos parques se encuentran clasificados en 12 tipos (Tabla N° 1) en función a las necesidades que surgen en la ciudad (Ordenanza N° 1852-MML, 2014).

Tabla N° 1: Tipos de Parques urbanos y periurbanos en Lima Metropolitana

Tipos de parques urbanos y periurbanos	Características
1. Parques Metropolitanos	<ul style="list-style-type: none"> - Parques de gran tamaño situados en el ámbito metropolitano. - Son utilizados con fines paisajísticos, ambientales y recreacionales.
2. Parques Zonales	<ul style="list-style-type: none"> - Parques de gran extensión que benefician a más de un distrito. - Brinda servicios recreativos y ambientales. - Cuenta con infraestructura de recreación pública. - Áreas verdes implementadas en función a la población de un determinado distrito. - Tienen como finalidad la recreación activa y pasiva (Figura N° 1).
3. Parques Distritales	<ul style="list-style-type: none"> - Parques ubicados en los márgenes de los ríos.
4. Parques Ribereños	<ul style="list-style-type: none"> - Conectan la estructura ecológica de la ciudad con las zonas rurales y urbanas.
5. Parques Culturales	<ul style="list-style-type: none"> - Espacio verde entre la urbanización y los sitios arqueológicos en la ciudad. - Brinda protección al patrimonio cultural, fines educativos y recreacionales.
6. Parque Lomas	<ul style="list-style-type: none"> - Parques implementados en las lomas costeras de Lima metropolitana. - Promueven la conservación de lomas, la educación, el turismo y las actividades recreativas. - Evitan problemas de invasión de terrenos y reducen los riesgos de desastres naturales. - Áreas que califican con zonificación del tipo PTP - zona de protección y tratamiento paisajista.
7. Parque de Protección Paisajística (PTP)	<ul style="list-style-type: none"> - Promueve actividades de forestación y siembra de vegetación; para la conservación de las laderas, prevenir invasiones informales y reducir el riesgo de desastres naturales. - Áreas verdes productivas que pueden ser de uso público y/o de propiedad privada.
8. Parques Agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> - Generan un impacto positivo en la economía por actividades agropecuarias, recreativas y turismo; asimismo, brindan beneficios ambientales.
9. Parques Botánicos	<ul style="list-style-type: none"> - Espacios de diversidad vegetal habilitados por una entidad pública (también existen de propiedad privada y/o mixta-asociativa). - Su finalidad es la conservación, investigación, divulgación y enseñanza de las especies vegetales.
10. Parques Zoológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Ambientes que sirven para el cuidado, conservación y crianza de animales, que presentan vegetación y son frecuentados por las personas.
11. Parques Lineales	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas verdes abiertas situadas a lo largo de corredores naturales con valor paisajístico. - Presenta infraestructura para actividades de recreación y disfrute del paisaje.
12. Bosques Naturales	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas con vegetación nativa de crecimiento natural, sin la intervención humana.

Nota: Adaptado de *Ordenanza N° 1852-MML, para la Conservación y Gestión de Áreas Verdes en la Provincia de Lima* (p. 541494), Municipalidad Metropolitana de Lima, 2014.



Figura N° 1. Parque distrital denominado “San Juan”, en el distrito de Chaclacayo, provincia y departamento de Lima.

b) Áreas verdes complementarias:

Las áreas verdes complementarias son espacios públicos de menor área, donde prevalece la infraestructura de concreto e instalaciones, los cuales se integran a la vegetación urbana. Este tipo de áreas verdes incluyen: espacios recreacionales y deportivos, cementerios, biohuertos, viveros, techos verdes, jardines verticales, bermas laterales, separadores centrales, zonas verdes en articulaciones viales, alamedas, malecones, pasajes, jardines y diversas infraestructuras verdes públicas (Ordenanza N° 1852-MML, 2014).

c) Áreas de Reserva Ambiental:

Según la Ordenanza N° 1852-MML (2014) señala que las Áreas de Reserva Ambiental son *“áreas verdes donde predomina el elemento natural, que deben ser reguladas y protegidas de todo uso o aprovechamiento que implique la modificación de sus condiciones, siendo mínimo el desarrollo de infraestructura tanto en el suelo como el subsuelo”* (p. 541495).

Este término solo es aplicado en el contexto de Lima Metropolitana, debido a que el parque Mariscal Ramon Castilla (Figura N° 2), ubicado en el distrito de Lince, es el único parque declarado un Área de Reserva Ambiental (ARA), bajo Ordenanza N° 376-2016-MDL.



Figura N° 2. Parque Mariscal Ramon Castilla del distrito de Lince, considerado como una Área de Reserva Ambiental - ARA, bajo Ordenanza N° 376-2016-MDL.

- **Áreas verdes públicas en Lima Metropolitana**

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2020), en su último censo realizado en el año 2018, señala que Lima Metropolitana presenta un total de 30'374 527 m² de áreas verdes públicas, las cuales se encuentran clasificadas en un mayor porcentaje por parques (60.52 %), luego le sigue las bermas (25.82%), jardines y óvalos (8.28%), alamedas (3%), plazas (2.79%) y parques zonales y zoológicos (0.21%) (Figura N° 3).

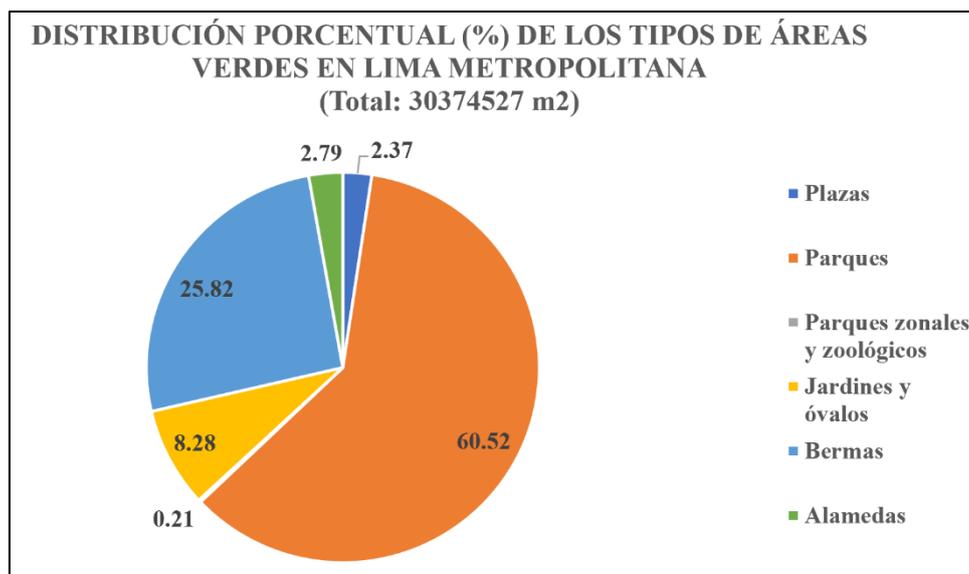


Figura N° 3. Distribución de las áreas verdes públicas en Lima Metropolitana.

Nota: Adaptado del *Compendio Estadístico Lima Provincia 2020* (pg. 33), Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020.

En los años 2017 al 2018, las áreas verdes públicas en Lima Metropolitana han incrementado en un 2.82 % (de 29'542 850 m² a 30'374 527 m²), mientras la población limeña ha crecido en un 8.69 % (de 8574974 hab. a 9320000 hab.); por lo tanto, se infiere que el indicador de m² de áreas verdes por habitante ha presentado una reducción de 5.51% con respecto el año 2018 (3.26 m²/hab.) al año 2017 (3.45 m²/hab.) (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019 y 2020).

El estándar recomendado por la Organización Mundial de la Salud propone un mínimo de 9 a 15 m² de áreas verdes/habitante, donde las ciudades de Madrid (España) y Curitiba (Brasil) superan dicho índice (Flores y González, 2010 y Gómez, 2016); sin embargo, en el caso de Lima Metropolitana, dicho indicador se encuentra muy lejano a los niveles óptimos.

- **Superficie de área verde en los distritos de Lima Metropolitana**

Según el Sistema Nacional de Información Ambiental (2018), indica que los distritos con menor superficie de área verde por habitante son Pucusana (0.11 m²/hab.), Villa María Del Triunfo (0.37 m²/hab.), Pachacamac (0.85 m²/hab.) y Breña (1.01 m²/hab.); mientras, solo 5 distritos del total (43 distritos) superaron el estándar mínimo de 9 m²/hab. son Santa María del Mar (31.54 m²/hab.), San Isidro (22.09 m²/hab.), Miraflores (13.84 m²/hab.), San Borja (11.86 m²/hab.) y Jesús María (9.27 m²/hab.).

Los distritos de Lima Metropolitana con mayor y menor cantidad de áreas verdes públicas y habitantes se encuentran enlistados en las Tablas 2 y 3 (INEI, 2020). Al respecto, el distrito de San Juan de Lurigancho a pesar de presentar la mayor cantidad áreas verdes (2'383 692 m²) y ser el más poblado (1'152 258 hab.) cuenta con uno de los más bajos índices de m²/hab.; mientras el distrito de Santa María del Mar es el segundo distrito con menor cantidad de áreas verdes (27 500 m²) y la población más escasa (1 106 habitantes), presenta el índice de m²/hab. más alto.

Tabla N° 2. Distritos con mayor cantidad de áreas verdes en Lima Metropolitana.

Distritos	Áreas verdes (m ²)	Habitantes	m ² /hab.	% Área Verde Total
San Juan de Lurigancho	2 383 692	1 152 258	2.07	7.85 %
Santiago de Surco	2 324 405	397 082	5.85	7.65 %
Los Olivos	2 302 031	349 100	6.59	7.58 %
San Martín de Porres	2 032 457	729 268	2.79	6.69 %
Ate	1 989 655	652 900	3.05	6.55 %

Nota: Adaptado del *Compendio Estadístico Lima Provincia 2020* (pg. 33), Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020.

Tabla N° 3. Distritos con menor cantidad de áreas verdes en Lima Metropolitana.

Distritos	Áreas verdes (m ²)	Habitantes	m ² /hab.	% Área Verde total
Pucusana	1 750	16 032	0.11	0.01 %
Santa María del Mar	27 500	1 106	24.86	0.09 %
Lurín	48 567	104 770	0.46	0.16 %
Breña	122 599	92 153	1.33	0.40 %
Barranco	127 385	35 745	3.56	0.42 %

Nota: Adaptado del *Compendio Estadístico Lima Provincia 2020* (pg. 33), Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020.

2.3 COMPONENTES DE LAS ÁREAS VERDES PÚBLICAS

Según la Ordenanza N° 1852-MML (2014), en el artículo 5°, menciona que las áreas verdes sostienen toda clase de vegetación y están conformadas por: Aires, Suelo o superficie del área verde y Subsuelo. Asimismo, las áreas verdes públicas presentan algunas infraestructuras con fines recreativos, de soporte y mobiliario urbano para beneficio y uso de la población.

En ese sentido, las áreas verdes presentan elementos integradores del paisaje urbano, los cuales cumplen un rol fundamental en la estructuración de los espacios urbanos (Bulnes et al., 2017; Steinfors et al, 2020).

2.3.1 Aires

Los aires son el componente vertical de las áreas verdes, que incluye la proyección de la superficie del suelo hacia arriba, donde crece la estructura aérea de las plantas (Ordenanza N°1852-MML, 2014).

- **Calidad del aire en Lima Metropolitana**

La contaminación del aire por vehículos es el principal problema ambiental que atraviesa Lima Metropolitana, el cual representa el 58.1 % de insatisfacción en la percepción de la población (Lima Como Vamos, 2022).

Según la red de monitoreos de la calidad del aire de la Municipalidad Metropolitana de Lima (2022), concluye que la provincia de Lima, en el año 2021, superó el estándar de calidad ambiental anual de material particulado PM_{2.5} (25 µg/m³) y PM₁₀ (50 µg/m³), tal como se

muestra en las Figuras N° 4 y N° 5. Al respecto, la Zona Sur ($PM_{2.5}$ de $38.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y la Zona Centro (PM_{10} de $69.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) registraron los mayores promedios anuales; mientras la Zona Norte presenta el menor promedio de $PM_{2.5}$ ($22.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y PM_{10} ($39.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Asimismo, los referidos monitoreos indican que en el mes de septiembre del 2022, la Zona Sur sigue registrando el mayor promedio mensual de $PM_{2.5}$ ($47.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y PM_{10} ($47.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$) de Lima Metropolitana, mientras la Zona Norte el menor promedio mensual de $PM_{2.5}$ ($14.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y PM_{10} ($22.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$); por lo tanto, la Zona Norte presenta buena calidad del aire (70% de días), mientras la Zona Sur tiene una moderada (57% de días) y mala (43 % de días) calidad del aire.

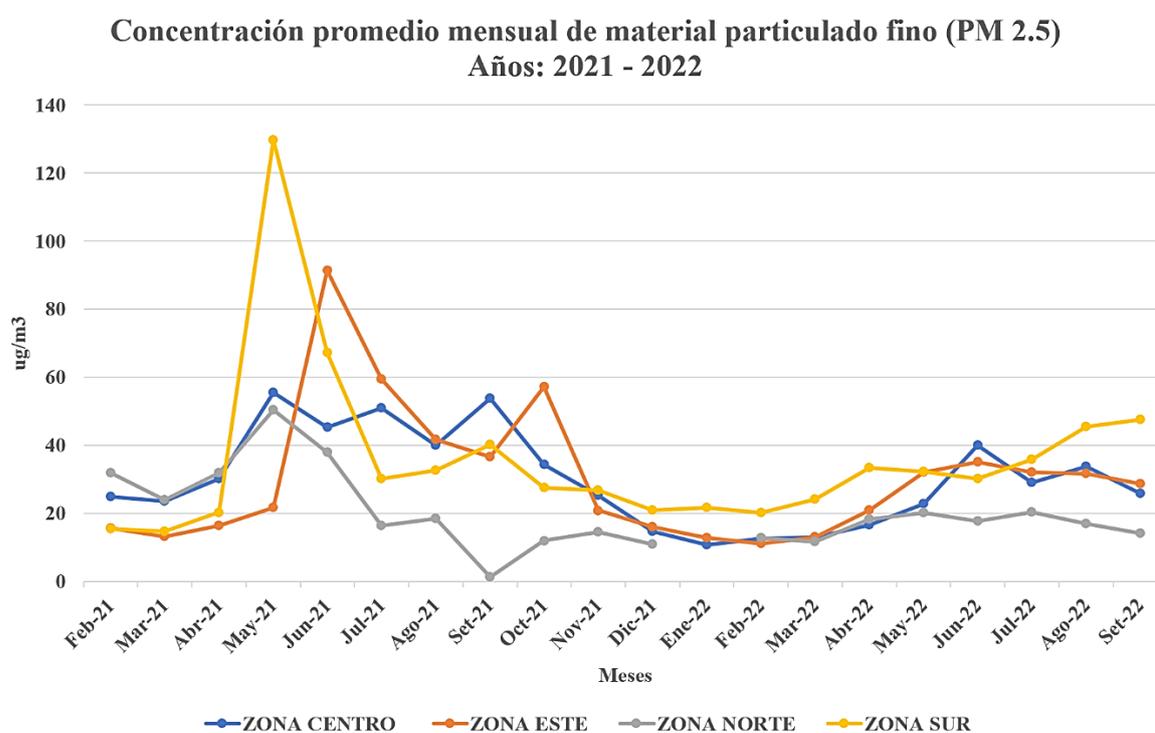


Figura N° 4. Concentración promedio mensual de material particulado fino ($PM_{2.5}$) de las Zonas Centro, Este, Norte y Sur de Lima Metropolitana, en el periodo 2021 - 2022. Se observa que el material particulado $PM_{2.5}$ superó el estándar de calidad ambiental anual ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), donde la Zona Sur registra el mayor promedio de $PM_{2.5}$ ($38.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$); mientras que la Zona Norte presenta el menor promedio de $PM_{2.5}$ ($22.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nota: Adaptado de *Sistema Metropolitano de Información Ambiental – SMIA* (2022).

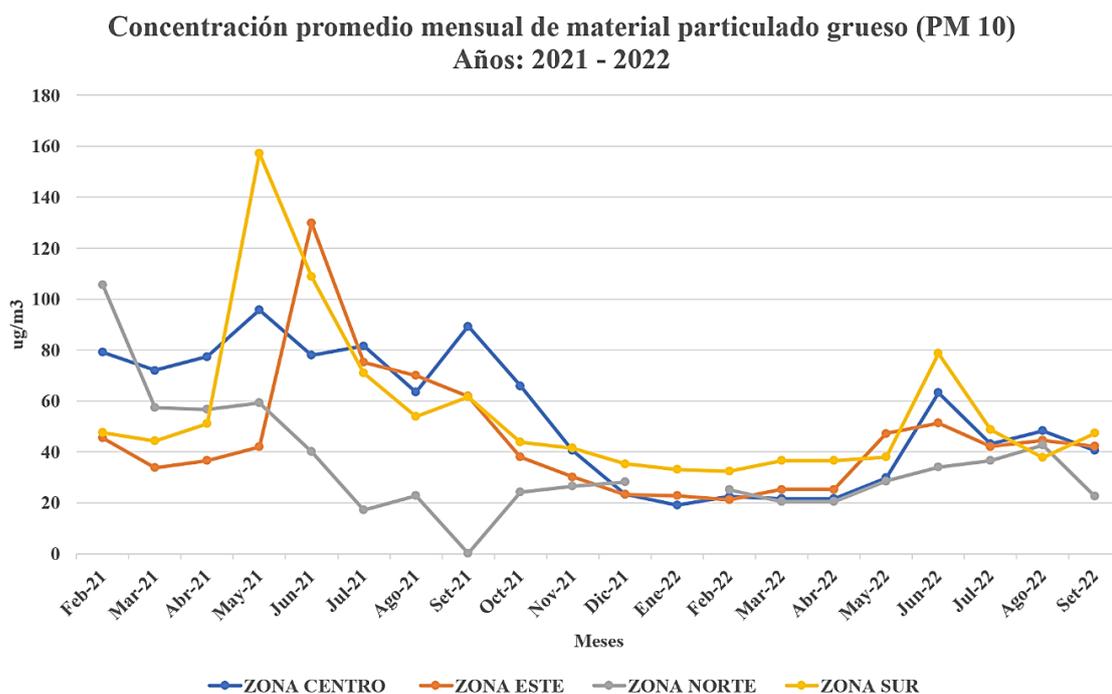


Figura N° 5. Concentración promedio mensual de material particulado grueso (PM10) de las Zonas Centro, Este, Norte y Sur de Lima Metropolitana, en el periodo 2021 - 2022. Se observa que el material particulado PM10 superó el estándar de calidad ambiental anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), donde la Zona Centro registra el mayor promedio de PM10 ($69.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$); mientras que la Zona Norte presenta el menor promedio de PM10 ($39.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nota: Adaptado de *Sistema Metropolitano de Información Ambiental – SMIA (2022)*.

- **Fuentes de emisión**

Dado que el $\text{PM}_{2.5}$ tiene una mayor relación con la salud de las personas y el medio ambiente, es importante tener en cuenta que las principales fuentes de emisión se deben a la combustión vehicular (58%), seguido por las industrias (cemento y harina de pescado) y refinería de hidrocarburos y metales (26%) y en menor medida por pollerías, restaurantes y grifos (16%) (Ministerio del Ambiente, 2019).

- **Efectos de la calidad del aire en las áreas verdes**

Las áreas verdes actúan como un filtro para atrapar las partículas contaminantes suspendidas en el aire, sin embargo, la mala calidad del aire también genera daños fisiológicos en las plantas como la disminución del intercambio gaseoso e hídrico en los estomas, degradación de la cera cuticular y alteración de la capacidad fotosintética; haciendo a la planta más susceptible a diversos problemas del entorno (Han et al, 2020; Juergen y Shyam, 2014).

- **Efectos de la calidad del aire en la salud humana**

La mala calidad del aire tiene efectos perjudiciales en la salud de las personas de Lima Metropolitana, ya que esta ha asociado al desarrollo de enfermedades respiratorias

(infecciones agudas, bronquitis crónica, enfisema y cáncer de pulmón) y cardiovasculares (isquemia cardíaca y derrame cerebral); las cuales representan el 31% de muertes en Lima y Callao durante el periodo 2013 - 2016 (Ministerio del Ambiente, 2019).

2.3.2 Vegetación urbana

El paisaje urbano está conformado por una diversidad de plantas de diferentes estructuras y tipos de crecimiento, tales como el cubresuelo, herbáceas, enredaderas, arbustos, árboles y palmeras; donde todas de manera integrada cumplen una función específica en el ecosistema urbano (Brescia de Fort et al., 2010; Bulnes et al., 2017).

- **ÁRBOLES**

Definición de árbol

Son especies vegetales perennes con una altura mayor de 5 m, que presentan un tronco principal y una copa compuesta por ramas y follaje, los cuales se soportan sobre un sistema radicular que brinda anclaje al suelo (Chuncho et al, 2019; Vargas, 2020).

Definición de arbolado urbano

Son aquellos individuos arbóreos y porte arbóreo que se desarrollan en la ciudad, tanto en espacios públicos, privados y ubicación variable; donde dicho entorno urbano presenta limitaciones para su adecuado desarrollo (crecimiento, salud y longevidad) que difieren del entorno natural; lo cual complica su gestión (Ramil y Gómez, 2019).

Problemas del arbolado en la ciudad

Según Castillo y Ferro (2015), Durand (2017), Ledesma (2008), Ramil y Gómez (2019) y Vargas (2020) mencionan que las principales condiciones limitantes para el desarrollo del arbolado en la ciudad son:

- Compactación del suelo por tráfico de vehículos, personas, etc.; que limita el intercambio gaseoso y disminuye el drenaje del agua en el suelo; por ende, reduce el desarrollo de las raíces arbóreas hasta su muerte.
- Exceso de polución en el aire y suelo producida por vehículos automotores; lo cual trae problemas de fitotoxicidad por acumulación de partículas contaminantes.
- Interferencias de la estructura arbórea con redes subterráneas de servicios básicos (desagüe, agua potable, gas, etc.), cables aéreos (electricidad, telefonía, etc.), pavimentos, edificaciones, circulación de vehículos de transporte y pase de personas,

etc. (Figura N° 6). Dicha situación genera que sean considerados como un obstáculo en la urbe y originan quejas de vecinos, por lo que son sometidos a podas drásticas (copa y raíces) por las empresas de servicios básicos y en otras ocasiones son agredidos por la población.

- Confinamiento de raíces en jardineras pequeñas por uso de mayores espacios con concreto o cimentación; lo cual genera problemas de levamiento de infraestructura urbana próxima (veredas, pistas, etc.), restricción del crecimiento radicular arbóreo, aumento de estrés en el árbol e impermeabilización del suelo.
- Falta de agua y déficit nutricional del suelo por inadecuada frecuencia de labores de mantenimiento.
- Altas temperaturas por efecto de isla de calor de la infraestructura de concreto, pavimento, etc. en la ciudad; donde el efecto del arbolado contrarresta dicha situación (termorregulación del clima urbano).



Figura N° 6. Interacción de la infraestructura urbana (redes aéreas y soterradas, pavimentos, cables aéreos, edificaciones) con el arbolado en la ciudad (Fuente: Castillo y Ferro, 2015).

Dichas condiciones del entorno urbano, aumentan los problemas mecánicos en el arbolado, como fracturas de ramas y tronco y riesgo de caída del árbol principalmente por un inadecuado desarrollo radicular o daños en las raíces (Ramil y Gómez, 2019). En ese sentido,

los árboles urbanos son más susceptibles al ataque de plagas y aumento de síntomas fitosanitarios preexistentes por el inadecuado manejo y estrés del medio, lo cual incrementa el grado de severidad de los diversos problemas en el arbolado; por lo tanto, es necesario garantizar su protección (Benito y Palermo, 2021 y Vargas, 2020).

Arboricultura Moderna

En el contexto urbano, nace la ciencia de la “arboricultura moderna” que propone una serie de prácticas y cuidados adecuados para la conservación del árbol en la ciudad, basados en fundamentos de la ciencia arbórea: biología, importancia medioambiental, percepción social, estudios de biomecánica y resistencia del árbol, etc. (Benito y Palermo, 2021).

Biología del árbol

Para proponer un plan de protección y conservación de árboles frente la ejecución de obras, es necesario considerar la biología de los arboles (Hauer, et al, 2020 y Vargas, 2020); por lo tanto, detallaremos algunas características biológicas del árbol a continuación.

a) Copa arbórea

La copa arbórea es el conjunto de ramas y follaje que se origina del tronco principal, la cual es variable en cada especie por la diversidad de formas (globosa, aparasolada, columnar, piramidal e irregular como en la Figura N° 7) y texturas o densidad de hojas (fina, media y gruesa) (Bulnes et al., 2017).

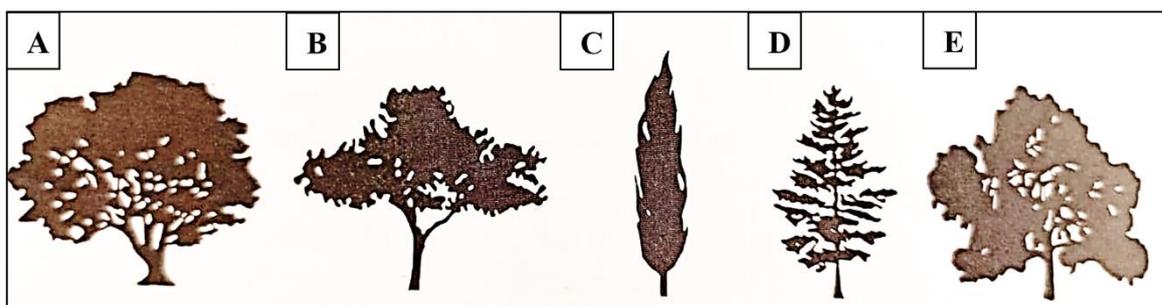


Figura N° 7. Diversas formas de la arquitectura de la copa arbórea. (A) Globosa. (B) Aparasolada. (C) Columnar. (D) Piramidal. (E) Irregular (Bulnes et al., 2017).

Adaptación de la copa arbórea al medio ambiente

La copa arbórea tiene una alta capacidad de adaptación a las condiciones actuales del ambiente (vientos, luz, interferencias con infraestructura, etc.), debido a que adecuan la dirección del crecimiento de la copa o se asocian con otros grupos de copas, para lograr buscar un óptimo equilibrio y supervivencia (Vargas, 2020).

b) Tronco arbóreo

El tronco o fuste arbóreo es una estructura que brinda soporte a la copa del árbol (ramas, follaje, flores y frutos) (Vargas, 2020). Dicha estructura varía según el tipo de especie, debido a que presenta diferentes formas (recto, sinuoso, irregular y acanalado), tipos de corteza externa (fisurada, rugosa y lisa) y otras características resaltantes (lenticelas, agujones, etc.) (Bulnes et al., 2017).

Mecanismo de defensa

El mecanismo de reacción de la madera se denomina C.O.D.I.T. (Compartimentación de la descomposición en árboles) consiste en impedir la entrada de patógenos en una herida del tronco arbóreo, mediante 4 barreras o paredes de reacción que encapsulan y cicatrizan el avance de la descomposición (Figura N° 8). La eficiencia de la compartimentación depende del tipo de especie, la genética, el grado de estrés (reservas energéticas acumuladas) y el estado de conservación del árbol y las condiciones ambientales (Benito y Palermo, 2021; Ramil y Gómez, 2019; Shigo y Marx, 1977).

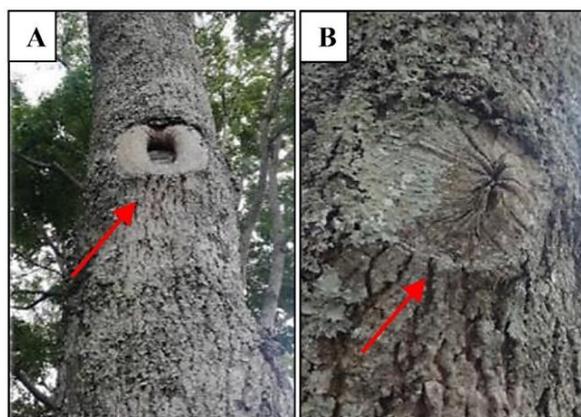


Figura N° 8. Compartimentación de heridas en el tronco arbóreo. (A) Callo en proceso de compartimentación después de una adecuada poda arbórea en el tronco (B) Superficie de la herida totalmente compartimentalizada, donde se puede evidencia la formación de un callo cerrado (Fuente: Alfaro, 2020).

c) Sistema radicular arbóreo

El sistema radicular arbóreo puede llegar a extenderse horizontalmente en el suelo, una distancia proporcional a 1 a 3 veces la altura del árbol o 2 a 3 veces el diámetro de la copa arbórea. Las raíces alcanzan una profundidad de 0.50 m a 2.00 m del suelo, donde la mayor cantidad se encuentra dentro de 0.15 m a 0.30 m, lo cual depende factores edáficos y propios de la especie (Benito y Palermo, 2021; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022; Vargas, 2020).

Clasificación del sistema radicular

Bulnes et al. (2017), clasifica al sistema radicular arbóreo en 3 tipos según la profundidad: raíces superficiales (40 - 50 cm de profundidad), raíces de profundidad media (50 -100 cm de profundidad) y raíces profundas o pivotantes (de 80 - 100 cm a más de profundidad). Sin embargo, Fite y Smiley (2016) clasifican a la estructura radicular en 2 zonas: Zona Crítica Radicular y Zona de Protección Arbórea (Figura N° 9), con la finalidad de establecer medidas de protección y minimización del impacto de las actividades constructivas en la biomasa radicular y evitar problemas de riesgo de caída arbórea.

Zonas del sistema radicular arbóreo

- **Zona Crítica Radicular - ZCR:** Es el área muy próxima al tronco arbóreo donde se encuentran las raíces fundamentales o estructurales para la salud y la estabilidad del árbol (Fite y Smiley, 2016). Dicha zona también es llamada “Área Crítica de Anclaje” debido a que es muy susceptible a cualquier intervención, alteración o reducción, los cuales ocasionan una afectación considerable en la estructura radicular arbórea y aumenta el riesgo de caída del árbol (Ayuntamiento de Sevilla, 2019).
- **Zona de Protección Arbórea - ZPA:** Es un área que rodea el tronco arbóreo, la cual abarca la Zona Crítica Radicular - ZCR y una parte adicional de la biomasa radicular, la cual está destinada a proteger las raíces y el suelo, con el fin de garantizar el estado de conservación y la estabilidad de los árboles en el futuro (Fite y Smiley, 2016). Esta zona también es llamada “Área de Afección”, debido a que contiene la mayor parte del sistema radicular arbóreo fisiológicamente activo, donde cualquier afectación conlleva a un deterioro del individuo arbóreo (Ayuntamiento de Sevilla, 2019).

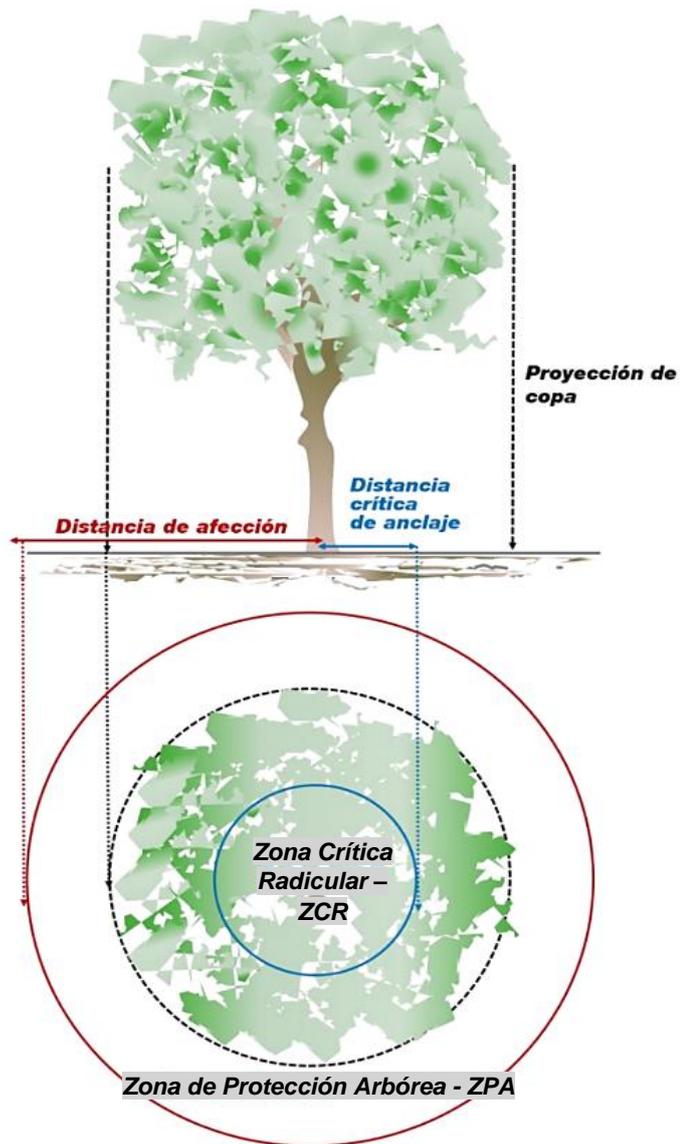


Figura N° 9. Tipos de Zonas en el Sistema Radicular Arbóreo (Ayuntamiento de Sevilla, 2019).

- **PLANTAS DE PORTE BAJO Y MEDIANO**

Son especies de crecimiento mediano hasta pequeño, como arbustos, trepadoras, gramíneas y herbáceas, las cuales integran el diseño del paisaje y mejoran la estética del área verde debido al aporte de diferentes tamaños, formas, colores y texturas. Asimismo, este tipo de plantas también protegen al suelo de la erosión y promueven la biodiversidad en la urbe (Amoroso, 2010; Barbero et al, 2014; Matteson y Langellotto, 2010).

- **Tipos de plantas de porte bajo**

Según Chuncho et al (2019) subdivide a las plantas de porte bajo y mediano (Figura N° 10) en función a la consistencia de su tallo:

- a) **Arbustos:** Es un tipo de planta leñosa que crece no menos a los 3 a 4 m de altura, la cual no tiene una diferencia clara de su tallo principal debido a que los tallos se ramifican desde la base (crecimiento simpódico).
- b) **Herbáceas:** Son plantas que no presentan leño o contienen una mínima cantidad en su tallo.
- c) **Caña:** Son plantas que presentan tallos de consistencia entre herbácea y leñosa.
- d) **Carnoso:** Son plantas que tienen un tejido parenquimático abundante o succulento.

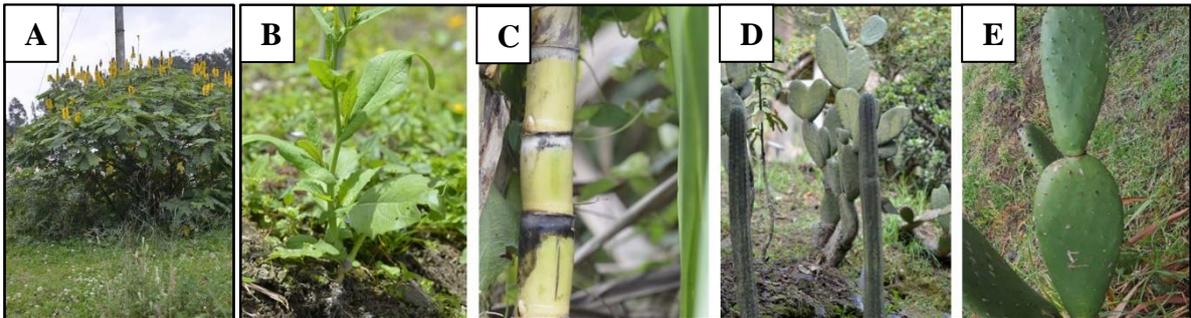


Figura N° 10. Plantas de porte pequeño según la consistencia de su tallo. (A) Arbusto. (B) Herbácea. (C) Caña. (D) Carnoso (Fuente: Chunchu et al, 2019).

Según la Municipalidad Metropolitana de Lima (2022) indica que dichos tipos de plantas pueden ser agrupadas o alineadas en forma de macizos (Figura N° 11- A) o cercos vivos (Figura N° 11 - B), con una alta densidad dentro de espacios públicos, para formar barreras que sirven de protección o delimitación en las diferentes zonas ornamentales de un área verde.

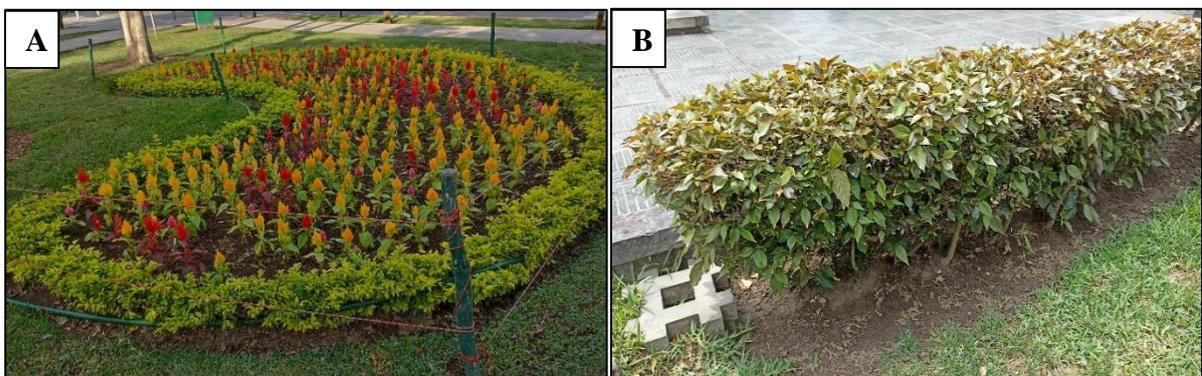


Figura N° 11. Macizos y cercos ornamentales. (A) Macizo de las especies *Celosia argentea* “Celosia” y *Duranta erecta* “Duranta”. (B) Cerco arbustivo de la especie *Acalifa wilkesiana* “Acalifa”.

- **CUBRESUELO**

Son especies vegetales de crecimiento rastrero que cubren el suelo rápidamente, debido a la formación de estolones o rizomas o biomasa de crecimiento lateral y/o diámetro de desarrollo denso; que son usados para proteger al suelo de la erosión, evitar la invasión de malezas y fines estéticos en el paisaje (Klett y Cox, 2022; Relf y Appleton, 2015).

- **Variedades de Cubresuelos**

Existen diversas variedades de cubresuelos con bajo requerimiento hídrico que pueden reemplazar al césped que comúnmente es la especie tapizante más usada (Quispe, 2017). Según Brescia et al (2010) menciona que los cubresuelos de mínima demanda hídrica recomendados para las condiciones de Lima Metropolitana son:

1. *Aptenia cordifolia* (Planta del rocío)
2. *Asparagus sprengeri* (Espárrago)
3. *Carpobrotus edulis* (Clavel chino) (Figura N° 12).
4. *Gazania rigens* (Gazania)
5. *Lantana montevidensis* (Lantana rastrera)
6. *Lobularia marítima* (Allysum)
7. *Oenothera missouriensis* (Ipomea amarilla)
8. *Pelargonium peltatum* (Hiedra)
9. *Portulaca grandiflora* (Verdolaga)
10. *Rhoeo spathacea* (Roeo)
11. *Senecio cineraria* (Senecio)
12. *Setcreasea purpurea* (Tradescantia)
13. *Verbena peruviana* (Verbena)
14. *Wedelia trilobata* (Wedelia)



Figura N° 12. Cubresuelo de la especie *Carpobrotus edulis* “Clavel chino” de tonalidades fucsia y naranja.

2.3.3 Suelo y subsuelo

Según la Ordenanza N° 1852-MML (2014), en el artículo 5°, señala que el suelo es la proyección plana del área verde; mientras el subsuelo es la proyección vertical hacia abajo del perfil del suelo, donde se desarrolla el sistema radicular de todas las plantas.

- **Clasificación del suelo urbano**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015), menciona que existe una clasificación de los suelos urbanos, diferenciándolos de los suelos naturales, debido a que se encuentran fuertemente modificados y alterados por la actividad humana. Por lo tanto, los suelos urbanos se encuentran clasificados de manera distinta:

- Tecnosoles (Base Referencial Mundial - WRB de suelos)
- Formaciones superficiales tecnogénicas (Sistema ruso)
- Antroposoles (Sistema australiano)

- **Composición del suelo urbano**

Los suelos urbanos presentan más del 20% (volumen o peso ponderado) de materiales de origen antrópico (producido por actividades humanas en el transcurso del tiempo) a lo largo del perfil y presentan una capa endurecida o cementada superficial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015).

Según el autor Greinert (2015), los materiales antropogénicos son:

- Restos de cerámica, vidrio, ladrillos, etc.
- Piedra triturada
- Desechos o lodos industriales
- Residuos sólidos urbanos
- Productos derivados del petróleo

Asimismo, el referido autor señala que los suelos urbanos pueden estar cubiertos por recubrimientos duros (concreto) provenientes de la pavimentación y la construcción (Figura N° 13).



Figura N° 13. Materiales de origen antrópico (restos de ladrillos, cemento, piedra chancada, arena gruesa, residuos sólidos, etc.) y recubrimiento de concreto y hormigón sobre el suelo urbano situado en una berma lateral, en el distrito de Breña.

- **Influencia de la actividad antropogénica en el suelo urbano**

Según Pouyat et al, (2020) señala que las propiedades del suelo urbano están influenciadas el impacto directo e indirecto de la actividad humana. Las actividades antropogénicas que generan un impacto directo en el suelo, son:

- Alteraciones físicas
- Incorporación de materiales antropogénicos
- Rellenos
- Recubrimiento de la superficie del suelo

Las actividades humanas que afectan al suelo de manera indirecta en el suelo, son las que generan variaciones el clima (temperatura y humedad), alteraciones químicas (aportes de nutrientes y acumulación de contaminantes atmosféricos) e introducción de especies invasoras y exóticas (Pouyat et al, 2010, 2020).

- **Propiedades del suelo urbano**

Dichas actividades antropogénicas causan cambios en las propiedades físicas del suelo (aumento de densidad aparente, cambios en la estructura, compactación, disminución de tasa de infiltración, cambios de textura, etc.), químicas (pH, concentración de nutrientes, sales y carbonatos) y biológicas (disminución de la fauna microbiana, problemas de secuestro de carbono y ciclos de nutrientes); las cuales son limitantes para el desarrollo de las especies vegetales (Guilland et al, 2018; Steinfert et al, 2020; Pereira et al, 2016; Pouyat et al, 2020).

2.3.4 Infraestructura de recreación pública

Son espacios construidos o naturales para la recreación pasiva y/o activa en un área verde (Ordenanza N° 1852-MML, 2014).

- **Tipos de infraestructura en áreas verdes según el tipo de recreación**

- a) **Infraestructura de recreación activa:** Según la Ordenanza N° 1852-MML (2014), en el artículo 5° señala que las áreas verdes necesitan este tipo de infraestructura para actividades deportivas, artísticas, entretenimiento o diversas disciplinas. Asimismo, la referida ordenanza, en el artículo 40° indica que este tipo de infraestructura solo podrá ocupar como máximo el 30% del total del área verde, debido a que la cobertura vegetal por lo menos deberá ser el 70% del área verde.

Dichas infraestructuras pueden ser lozas deportivas, juegos infantiles estructurados (Figura N° 14), piscinas, anfiteatros, quioscos, cafeterías, etc. (Córdova, 2021; Municipalidad Metropolitana de Lima, 2022).



Figura N° 14. Zona de recreación activa donde se encuentran juegos infantiles y piso para niños, situado en el parque Mariscal Ramon Castilla del distrito de Lince.

- b) **Infraestructura de recreación pasiva:** Según la Ordenanza N° 1852-MML (2014), en el artículo 5° señala que las áreas verdes requieren de una cantidad mínima de equipamiento para actividades de apreciación del paisaje, meditación, descanso, etc.

La Municipalidad Metropolitana de Lima (2022) menciona que dicha infraestructura puede ser juegos no estructurados (zona de interacción, zona de juego libre y zona de descanso), sendas peatonales (Figura N° 15); con el aporte de componentes naturales y/o artificiales que brinden sombra.



Figura N° 15. Senderos peatonales a base de piedra chancada en la Plaza de Armas de Chosica, en el distrito de Lurigancho – Chosica.

2.3.5 Infraestructura de soporte

Son infraestructuras situadas en el interior de un parque, como accesos, caminos, ciclovías, servicios higiénicos, plantas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de almacenamiento de agua (Ordenanza N° 1852-MML, 2014). Asimismo, pueden ser consideradas las oficinas administrativas, talleres o almacenes, caseta de serenazgo, etc.



Figura N° 16. Infraestructura de soporte en áreas verdes públicas. (A) Caseta de serenazgo de concreto en un parque distrital de Lince. (B) Planta de agua de alcantarillado en un separador central en el distrito de La Molina.

2.3.6 Mobiliario urbano

El mobiliario urbano está conformado por todos los objetos que forman parte del paisaje urbano, según las necesidades del usuario y las condiciones del entorno (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2022). Generalmente son equipamientos como bancos, pérgolas, bolardos, maceteros, canteros y cazoletas, bebederos, placas, paradores de motos y bicicletas, rejillas, alumbrado público, etc. (Ministerio de Desarrollo Urbano del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2015).



Figura N° 17. Mobiliario urbano (pérgolas, bancas, recolector de residuos sólidos, etc.) situado en el Parque Bruno, del distrito de Chorrillos.

2.4 BENEFICIOS DE LAS ÁREAS VERDES

Las áreas verdes si cuentan con un adecuado manejo, pueden solucionar múltiples problemas ambientales, sociales, salud y económicos en la ciudad y mejorar la calidad de vida de las personas (De Frutos y Esteban, 2009). Para establecer medidas de protección y conservación de las áreas verdes, es necesario conocer los beneficios que estas brindan a la comunidad y al medio ambiente; por lo tanto, se abordarán a continuación:

2.4.1 Servicios ecosistémicos

- **Termorregulación del clima**

Las áreas verdes a través del proceso de evapotranspiración, reducen el efecto de islas de calor urbana, proporcionando sombra y reduciendo la temperatura del aire (Mercer et al, 2015). Al respecto, la ubicación estratégica y distribución integral de las áreas verdes alrededor de la infraestructura urbana, puede ayudar a enfriar el aire entre 2°C a 8°C (Figura N° 18) (ONU-Habitat, 2019).

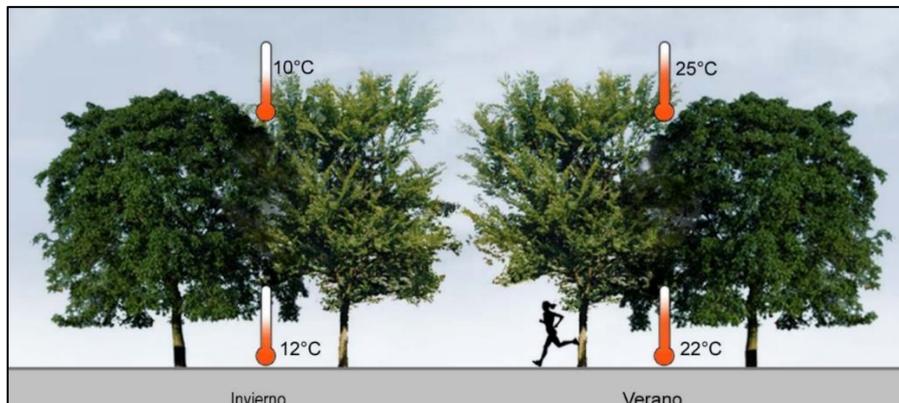


Figura N° 18. Efecto termorregulador de las áreas verdes en época de invierno y verano, observándose en este caso una amortiguación de temperatura entre 2 - 3 °C (Falcon, 2007).

Estudios de fotointerpretación térmica en un entorno rodeado por infraestructura gris situado en Santiago de Chile, dieron como resultado que las áreas verdes (parques) con la presencia de árboles de copa densa y de gran altura tienen una mejor eficiencia en la reducción de la temperatura (1° C), tanto en horario diurno como nocturno (Rojas y Smith, 2019). En ese sentido, la vegetación urbana puede crear microclimas agradables (Figura N° 19) para los ciudadanos en todas las épocas del año, debido a que regula el grado de radiación solar, el movimiento del viento, la humedad y la temperatura del aire (De Frutos y Esteban, 2009).

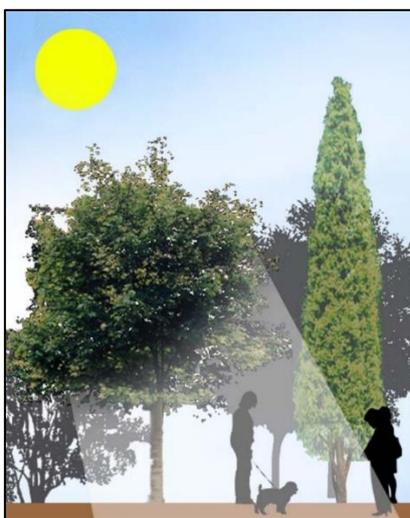


Figura N° 19. Creación de microclimas agradables para las personas, debido a que las áreas verdes regulan la radiación solar, la circulación del viento, la humedad y la temperatura en el entorno urbano (Falcon, 2007).

- **Captura de carbono**

La vegetación urbana tiene un rol importante en la captura de carbono y es el componente arbóreo quien tiene una mayor eficacia de captura frente a las demás especies vegetales; donde depende del tipo de especie, tamaño, edad, diámetro del tallo, porcentaje de cobertura, estado de conservación y mantenimiento (Arévalo y Alcántara, 2021).

Un estudio realizado en 2 espacios verdes que presentan una diferencia en la cantidad de vegetación y tamaño en la ciudad de Chicago, concluyó que las áreas verdes pueden llegar a almacenar un promedio de 25 kg/m² de carbono; considerando que un 83% se encuentra en el suelo, un 16% en árboles y arbustos y sólo un 0,6% en las especies herbáceas (Jo y McPherson, 1995).

- **Mejora de la calidad del aire**

Las especies vegetales capturan material particulado y otros tipos de contaminantes a través de su estructura, principalmente en la superficie del follaje. Las hojas de textura rugosa

(presencia de tricomas, área foliar con pliegues, forma lanceolada y peciolo cortos) tienen un mejor desempeño que las hojas de textura lisa, formas (ovalada, elíptica, acicular o aguja y lineal), con presencia de ceras y pocos pliegues (Figura N° 20) (Han et al, 2020; Vargas, 2021).

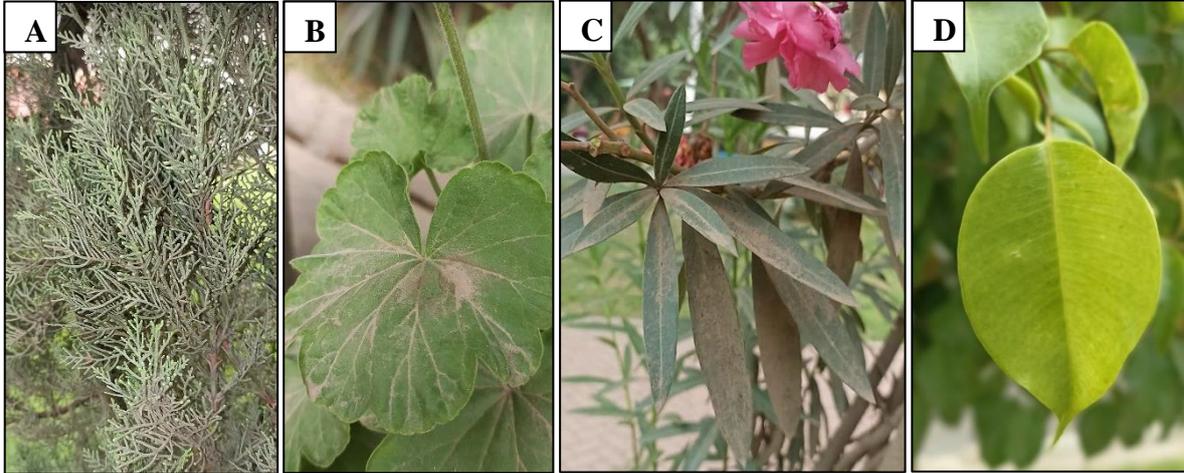


Figura N° 20. Influencia de las características de las hojas en la mejora de la calidad del aire. El follaje de las especies *Thuja sp.* “Tuja” de textura rugosa (A), *Pelargonium zonale* “Geranio” con presencia de tricomas (B) y *Nerium oleander* “Laurel rosa” con hojas de forma lanceolada (C) tienen una mayor eficiencia en la captura de polvo del aire frente a las hojas ovaladas, textura lisa y con presencia de ceras de la especie *Ficus benjamina* “Ficus” (D).

Además, dicha función varía según la morfología de las plantas (altura, edad, densidad y complejidad del follaje, área foliar, etc.) y los factores ambientales (ubicación, velocidad y dirección de vientos, temperatura y humedad) (Fiorentino, 2014; Han et al, 2020; Mukherjee y Agrawal, 2018; Vargas, 2021).

- **Reducción del ruido**

Las áreas verdes atenúan eficientemente la contaminación acústica en la ciudad (Figura N° 21), debido a la interacción de diversos elementos del paisaje, siendo de importancia la densidad arbórea, el número y la altura de los árboles, la cobertura vegetal de composición mixta y la pendiente del terreno, para bloquear la propagación del ruido (De Oliveira, Biondi y Nunho, 2022).



Figura N° 21. Atenuación del ruido vehicular por un área verde con una alta densidad arbórea con un tamaño mediano a grande, acompañado con una composición mixta de especies vegetales (arbustos, macizos de flores y cubresuelo) situados en una pendiente elevada de la ciudad (Falcon, 2007).

- **Protección del suelo**

La cobertura vegetal protege al suelo de la erosión y compactación, debido a que mejora su estructura por ser una fuente de materia orgánica; asimismo, los restos vegetales pueden ser reutilizados como abono e incorporarse al suelo (Ojeda y Espejel, 2014; Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

- **Conservación de biodiversidad**

La composición vegetal variada, ejerce un control de plagas y la polinización (García et al, 2021) y pueden convertirse en un corredor biológico de fauna benéfica (microorganismos, vertebrados e invertebrados) (De Frutos y Esteban, 2009); con la finalidad de conservar la biodiversidad en la ciudad (Mpofu, 2013; Mercer et al, 2015).

2.4.2 Beneficios sociales

- **Recreación pública**

Los espacios verdes permiten la interacción social, actividades recreativas y de relajación, realización de múltiples deportes al aire libre y el acceso a los servicios públicos de manera inclusiva para todo tipo de persona de diferente sexo, edad, nivel social, etc. (Mpofu, 2013; Röbbel, 2022).

- **Educación ambiental**

Los jardines botánicos, zoológicos y otros espacios verdes, permiten a la población aprender sobre la importancia del medio ambiente y generar educación ambiental, con miras de un

futuro sostenible en la ciudad (Ojeda y Espejel, 2014; Piña, 2019). Además, la relación directa de las personas con las áreas verdes, genera una conciencia ecológica, una mayor identidad comunitaria, involucramiento en temas ambientales y reducción del crimen y violencia (Capristan, 2017).

- **Fomento de actividades culturales**

Los ambientes naturales urbanos, son espacios propicios para la práctica de costumbres religiosas, espirituales y culturales de la comunidad, dado a que existe una relación entre la naturaleza y la cosmovisión humana (Ojeda y Espejel, 2014).

2.4.3 Beneficios en la salud

- **Mejora de la salud mental**

Las áreas verdes urbanas son espacios rodeados de naturaleza, que son adecuados para realizar actividad física, mantener el contacto social y reducir el estrés; por consiguiente, mejora la salud mental y reduce los síntomas de la depresión (Röbbel, 2022). La percepción de la calidad de la biodiversidad y el estado de conservación de un área verde, tiene un efecto directo en el grado de satisfacción y el bienestar psicológico de las personas (Southon et al, 2018).

- **Impacto positivo en la salud física**

El acceso a espacios verdes influye de manera positiva en la salud de las personas, debido a que la práctica de actividades físicas en las áreas verdes, reduce los problemas de obesidad y diabetes en las personas; asimismo, la mejora de la calidad del aire por la existencia de plantas reduce la tasa de enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Danilina et al, 2021; Mercer et al, 2015; Röbbel, 2022).

En el contexto actual a causa de la pandemia del COVID-19, las áreas verdes urbanas han cobrado mayor importancia, debido a que permiten el esparcimiento de las personas en espacios abiertos, minimizando el riesgo de contagio en comparación a los lugares cerrados (Freeman y Eykelbosh, 2020).

2.4.4 Beneficios económicos

- **Aumento del valor de las propiedades**

Las áreas verdes mejoran la estética de la urbe, debido a que complementan la arquitectura de los proyectos constructivos; lo cual genera un incremento del valor de las propiedades, basado en la cercanía y disfrute de los espacios verdes próximos. La implementación de vegetación urbana en terrenos baldíos o zonas sin habilitación, es una buena estrategia para

su recuperación, lo cual incrementa el valor del patrimonio y predios cercanos (De Frutos y Esteban, 2009; Irarrázaval, 2012).

- **Generación de comercio**

Los espacios verdes pueden ser un medio de articulación de ferias, mercados itinerantes eventuales, promoción de la agricultura urbana, generación de empleo y atracción de turismo; los cuales generan un impacto positivo en la económica de las localidades (Mpofo, 2013).

La cantidad y calidad de las áreas verdes y el paisaje urbano, favorece las ventas del comercio cercano, debido a que aumenta la preferencia en la compra y la disposición de un mayor pago por parte de los consumidores, los cuales son influenciados por un entorno atractivo y natural (Wolf, 2009).

2.5 TIPOS DE OBRAS EN LAS ÁREAS VERDES PÚBLICAS

Las obras son un conjunto de actividades constructivas, que son ejecutadas para suplir las necesidades públicas en beneficio de la comunidad (La Contraloría General de la Republica de Perú, 2019). La Ordenanza N° 1852-MML (2014) menciona 2 tipos de infraestructura reguladas en las áreas verdes públicas de Lima Metropolitana, las cuales son:

- 1. Infraestructura de uso recreacional:** Son proyectos constructivos que se implementan en los parques, con la finalidad de fomentar la recreación activa y/o pasiva de la población.
- 2. Infraestructura ajena a las finalidades de recreación pública:** Son todas las obras que se ejecutan en el subsuelo de las áreas verdes públicas y carecen de fines recreativos para la población.

Ambos tipos de infraestructuras deberán contar con la opinión técnica de la Subgerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad Metropolitana de Lima, previo a su ejecución, para que un especialista evalúe su viabilidad y/o brinde las recomendaciones para la conservación y protección de las áreas verdes, en el marco de lo establecido en la Ordenanza N° 1852-MML.

- **Proyectos constructivos en Lima Metropolitana**

En las áreas verdes de Lima Metropolitana se reporta la ejecución de las siguientes obras:

- a) Remodelación y mejoramiento de parques:** Son ejecutados principalmente por municipalidades (distritales y/o metropolitana) mediante empresas concesionarias o

contratistas, para la remodelación y mejoramiento paisajista, infraestructura de recreación pública (ciclovías) y mobiliario urbano, sistemas eléctricos (luminarias); con el fin de habilitar nuevas áreas y/o mejorar la calidad del ornato público de los parques más frecuentados por la comunidad.

- b) Servicios básicos:** Son ejecutados por empresas privadas, públicas y/o mixtas (Sedapal, Luz del Sur, Enel, Calidda, diversos contratistas, etc.) para la instalación de servicios de agua, alcantarillado, electricidad, gas, fibra óptica, etc.; los cuales intervienen generalmente los separadores centrales y/o las bermas laterales (Figura N° 22).



Figura N° 22. Ejecución de una obra de servicio básico (electricidad) situado en la berma lateral del distrito del Agustino.

- c) Proyectos inmobiliarios:** Son ejecutados por empresas privadas para la construcción de condominios, conjuntos habitacionales, edificios, etc.; sin embargo, hay casos donde el diseño del proyecto contempla la construcción estacionamientos vehiculares en el frontis del área de ingreso, próximos a las áreas verdes públicas. Por lo tanto, las bermas laterales y jardineras cercanas al área de intervención son modificadas y algunos árboles son trasladados por interferencia con el pase vehicular.

- d) Proyectos de gran envergadura y necesidad pública:** Son ejecutados por empresas concesionarias e involucran la intervención de grandes dimensiones de espacios públicos, incluyendo áreas verdes públicas para beneficio nacional.

Este tipo de obras por su relevancia en el país y su necesidad de ejecución se avala en el Decreto de urgencia N° 018-2019, Decreto de Urgencia que establece medidas extraordinarias para la Promoción e Implementación de los Proyectos Priorizados en el Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad; el cual tiene una mayor jerarquía legal que la Ordenanza N°1852-MML.

2.6 AFECTACIÓN A LAS ÁREAS VERDES FRENTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS

La mala praxis en la vegetación urbana generada por la falta de planificación de una obra y la implementación de inadecuados criterios técnicos, conlleva la pérdida de servicios ecosistémicos y el valor ornamental de las áreas verdes (Benito y Palermo, 2021). Según el Ayuntamiento de Sevilla (2019) la afectación de las áreas verdes se clasifica en 2 niveles estructurales:

1. Nivel subterráneo (sistema radicular, suelo y subsuelo)
2. Nivel aéreo (tallo o tronco, follaje o copa arbórea y/o cobertura vegetal).

2.6.1 Afectación a nivel subterráneo:

La afectación del área verde a nivel subterráneo frente el desarrollo de una obra, se subdivide en 2 tipos de daños:

- A) Daños ocasionados al suelo y subsuelo
- B) Daños ocasionados en el sistema radicular de las especies vegetales

A. DAÑOS OCASIONADOS AL SUELO Y/O SUBSUELO

- **Malas prácticas en el suelo y subsuelo**

La estructura del suelo principalmente es alterada en los procesos constructivos (Figura N° 23), por el uso de vehículos y equipos pesados, tránsito de personal operario, acumulación de residuos sólidos y/o materiales y recubrimiento de la superficie del suelo con materiales impermeables (Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022; Pouyat et al, 2020).



Figura N° 23: Uso de maquinaria pesada y acumulación de materiales de construcción sobre la superficie del área verde.

Además, otro tipo de daño que genera la construcción de infraestructura y el transporte, es la contaminación por el derrame de químicos tóxicos (combustibles, disolventes, pintura, aceites, aguas residuales, residuos sólidos y cualquier agente contaminante) y actividades de quema o por fugas inflamables; las cuales afectan las propiedades químicas del suelo y el estado de conservación de la vegetación urbana (Fite y Smiley, 2016; Huot et al., 2015; Rodríguez et al, 2019).

- **Efectos de actividades de carga y presión sobre la superficie del área verde**

El uso de maquinaria pesada, tránsito (vehículos y personal operario) y acumulación de materiales de construcción en el suelo generan problemas de compactación (Figura N° 24), los cuales disminuyen la tasa de infiltración, limitan el suministro de agua, oxígeno y nutrientes a la planta, aumentan la erosión y la resistencia del suelo a la penetración radicular (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022; Vial, 2021).

Dicha situación ocasiona problemas de asfixia radicular en las especies vegetales, por lo tanto, produce síntomas de marchitamiento, defoliación, disminución del crecimiento y pérdida de vigor hasta la muerte de la planta, raíces atrofiadas y muertas (problemas de estabilidad), déficits nutricionales y aumento de la susceptibilidad a plagas y enfermedades (Benito y Palermo, 2021).



Figura N° 24. Compactación de suelo, marchitamiento del césped y afectación al sistema radicular de un árbol de *Schinus molle* “Molle serrano”; debido al uso de maquinaria pesada y tránsito frecuente del personal operario en las áreas verdes.

- **Sellado y recubrimiento de la superficie del suelo**

El sellado y recubrimiento de la superficie del suelo con materiales impermeables (pavimento, concreto, etc.) (Figura N° 25), crea barreras físicas con carencia de oxígeno que alteran los ciclos hidrológicos y de nutrientes (C y N); por lo tanto, limitan el crecimiento y

desarrollo del sistema radicular (confinamiento) de las especies vegetales y fauna microbiológica (Piotrowska y Charzynski, 2015).

La cimentación del suelo es una de las principales causas de la pérdida de cobertura vegetal (Alonzo y González, 2010); asimismo, la sustitución de la superficie verde por concreto o asfalto intensifica los problemas aumento de temperatura en la ciudad y su entorno (isla de calor urbana) (Benito y Palermo, 2021).



Figura N° 25. Problemas de cimentación en la superficie del suelo, lo cual afecta indirectamente al sistema radicular de las especies vegetales próximas y ocasiona la pérdida de área verde.

- **Efectos del derrame de químicos en el área verde**

El derrame de hidrocarburos (petróleo) (Figura N° 26) a las especies vegetales no tolerantes a la causan daños fisiológicos como la reducción del crecimiento de la biomasa total (hojas, tallos y raíz), reducción de tasa fotosintética y absorción de agua y nutrientes, estrés y muerte fisiológica. Asimismo, una mayor concentración de hidrocarburos inhibe la formación de nódulos en leguminosas por la reducción de la actividad microbiológica del suelo (Rivera y Trujillo, 2004; Fite y Smiley, 2016).



Figura N° 26. Derrame de aceites y/o combustibles (petróleo) sobre el suelo y el cubresuelo de la especie *Stenotaphrum secundatum* “Gras americano”.

La incorporación de ciertos materiales de construcción como la mezcla del concreto, son una fuente de carbonato de calcio (CaCO_3) y elevan considerablemente el pH del suelo (Pouyat et al., 2007). Además, el uso de pintura y gasolina a base de plomo (Pb) son muy tóxicos sobre el suelo de las áreas verdes, debido a que la contaminación por plomo reduce principalmente el crecimiento radicular, afecta la fotosíntesis, potencial hídrico y se acumula en la estructura aérea vegetal en el tiempo mostrando manchas rojizas (García, 2006; Rodríguez et al, 2019; Schwarz et al. 2012).

- **Efectos de actividades de quema sobre las áreas verdes**

La quema de residuos daña considerablemente la estructura del suelo por pérdida de agregados, destrucción de arcillas y oclusión de poros por cenizas; por lo tanto, reduce el drenaje en el suelo. Dicha actividad también genera una disminución de la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.), debido a la reducción de la materia orgánica; asimismo, la liberación de cationes (Ca, Mg, K y Na), deshidratación y carbonización de arcillas y carbono aumentan el pH y la Conductividad eléctrica (C.E.) e incrementa el riesgo de erosión y escorrentía (Domínguez, 2016; Minervini et al., 2017).

Las especies vegetales próximas a las actividades de quema o fugas de fuego (insumos inflamables), pueden sufrir daños en la estructura vegetal (follaje, ramas, tallo y raíces) hasta la muerte (Fite y Smiley, 2016).

B) DAÑOS OCASIONADOS AL SISTEMA RADICULAR VEGETAL

- **Malas prácticas en el sistema radicular**

El sistema radicular de la vegetación urbana próxima al área de intervención de la obra, se ve afectada por las siguientes actividades constructivas como la ejecución de zanjas, diversos tipos de excavaciones con equipos mecánicos, entierro de residuos, cambio de pendiente del suelo, etc. Las malas prácticas más frecuentes que afectan el sistema radicular son la inadecuada poda de raíces, la acumulación de residuos de construcción y el aumento o disminución del nivel de suelo (Ayuntamiento de Sevilla, 2019; Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022).

a) Inadecuadas podas radiculares

Es el corte de raíces de manera indiscriminada que es realizado en la ejecución de zanjas para instalación y mantenimiento de servicios públicos subterráneos, construcción de aceras,

interferencia o levantamiento de la infraestructura urbana, etc.; que conlleva a la pérdida del sistema radicular de los árboles próximos (Benson et al., 2019a).

Este tipo de practica es perjudicial para la salud, supervivencia y estabilidad del árbol, debido a que no tiene en consideración la extensión horizontal y profundidad de las raíces de anclaje, la zona de protección arbórea, carencia de cuidados y técnicas adecuadas (Fite y Smiley, 2016; Smiley et al, 2014). Algunas técnicas inapropiadas en las podas radiculares son la ausencia de uso de herramientas apropiadas para poda radicular (cortes con desgarro) y falta de desinfección de las mismas, así como, la escasez de criterio técnico por personal no calificado, etc.



Figura N° 27. Ejecución de inadecuadas podas radiculares en las raíces de anclaje de un individuo arbóreo de la especie *Schinus molle* “Molle serrano”, con herramientas inapropiadas (barreta) y sin desinfección. Dicha práctica tiene un impacto negativo en el estado de conservación (infección por patógenos) y estabilidad (riesgo de caída) del árbol.

En la Figura N° 27, podemos apreciar la ejecución de una zanja, la cual se encuentra próxima al sistema radicular de un árbol de la especie Molle serrano, donde las raíces de anclaje se encuentran afectadas por una inadecuada poda y falta de consideración en las distancias mínimas de protección.

- **Efectos de las inadecuadas podas radiculares**

- La falta de desinfección de herramientas en las podas, son una fuente de propagación para la infección de enfermedades causadas por patógenos como hongos, bacterias, virus, etc. en la estructura vegetal de las plantas (López y Melero, 2020).

- La infección por patógenos en la estructura radicular genera descomposición de las raíces y pudriciones en la madera del tronco; lo cual aumenta el riesgo de caída o fractura del árbol y reduce la vigorosidad en el tiempo (Ayuntamiento de Sevilla, 2019; Brudi, 2001).
- El corte de raíces próximas al tronco arbóreo reduce la estabilidad del árbol y puede ocasionar la caída o vuelco del mismo por una menor fuerza de tracción radicular en el suelo frente a la fuerza de empuje del viento (Figura N° 28) (Smiley et al., 2014; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).
- Estrés hídrico por la disminución del transporte de agua y minerales de las raíces cortadas hacia la estructura vegetal aérea, lo cual ocasiona reducción de la fotosíntesis, cierre de apertura de estomas para evitar la transpiración, disminución del crecimiento del follaje y brotes foliares y baja vigorosidad de la estructura vegetal (Fini et al., 2013).
- Menor tiempo de vida, reducción del crecimiento en diámetro del tallo, altura total y área foliar, bajo vigor, defoliación prematura y muerte regresiva de la estructura aérea, debido a estrés fisiológico y disminución en el uso de reservas (carbohidratos) contenidas en las raíces (Benson et al., 2019a, Benson y Morgenroth, 2019; Ramírez et al, 2021).



Figura N° 28. Afectación a la estructura radicular de anclaje del arbolado próximo a la construcción de una ciclo vía; asimismo, se evidencia problemas de degradación del suelo del área de intervención.

b) Acumulación de residuos de construcción sobre la estructura radicular arbórea:

Es el amontonamiento de materiales provenientes de la excavación sobre la superficie del suelo, el cual abarca el cuello del tronco y la proyección del sistema radicular arbóreo, el cual se extiende hasta 3 veces la altura del árbol y el 90% de raíces activas están a 15 - 30 cm de profundidad (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

Dicha práctica (Figura N° 29) ocasiona problemas de compactación e intercambio gaseoso en el suelo; por lo tanto, produce asfixia radicular, limitaciones en el desarrollo de las raíces, proliferación de raíces estrangulantes alrededor del tronco y conlleva la muerte del árbol en el transcurso del tiempo (Benito y Palermo, 2021).



Figura N° 29. Acumulación de residuos sólidos provenientes de excavaciones sobre la base del fuste de un árbol de la especie *Schinus molle* “Molle serrano” y varias suculentas arbustivas de la especie *Euphorbia candelabrum* “Candelabro”; los cuales presentan un limitado intercambio gaseoso y mínimo drenaje en el sistema radicular. Además, dicha práctica también causa compactación en la superficie del suelo.

c) Cambio de cota del suelo

Es una práctica constructiva que consiste en incrementar o reducir el nivel o cota del suelo en las proximidades de los árboles y arbustos hasta alcanzar la altura deseada del proyecto (nivelación del terreno). Dicha práctica por más que el cambio de pendiente sea mínimo, es muy perjudicial al sistema radicular debido a que agregar o quitar suelo afecta severamente el desarrollo de las especies vegetales conduciendo a la muerte en el tiempo (Benito y Palermo, 2021; Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022).

- **Efectos del cambio de cota del suelo**

- **Disminución del nivel o cota del suelo:** Es un procedimiento que consiste en el retiro de suelo para bajar la pendiente del mismo (Figura N° 30 y 31) y requiere del procedimiento de podas severas a las raíces estructurales, lo cual limita la estabilidad o soporte radicular; asimismo, aumenta el riesgo de caída y estrés hasta la muerte de la especie vegetal (Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022).

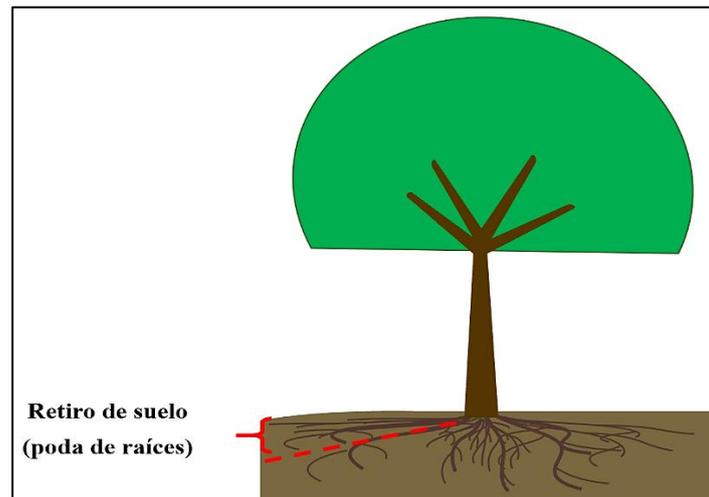


Figura N° 30. Procedimiento de retiro de suelo y poda de raíces en las proximidades de la base del fuste arbóreo, con el fin de disminuir la cota o el nivel del terreno.



Figura N° 31. Disminución del nivel o cota del suelo, el cual involucra una poda radicular severa en el arbolado, ocasionando problemas de estrés hídrico y pérdida de estabilidad de los árboles por la pérdida de raíces de anclaje.

- **Aumento del nivel o cota del suelo:** Es una práctica que consiste en agregar suelo para cambiar la pendiente del suelo (Figura N° 32), el cual ocasiona el inadecuado desarrollo

de las raíces, debido a que reduce el drenaje e intercambio gaseoso en el suelo y limitaciones en la captación de nutrientes por asfixia radicular. Además, esta situación genera un estrés en toda la estructura vegetal hasta la muerte regresiva y puede favorecer el desarrollo de raíces estrangulantes, las cuales dañan el cambium en la zona basal del árbol (Benito y Palermo, 2021; Dennis y Jacobi, 2022; Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

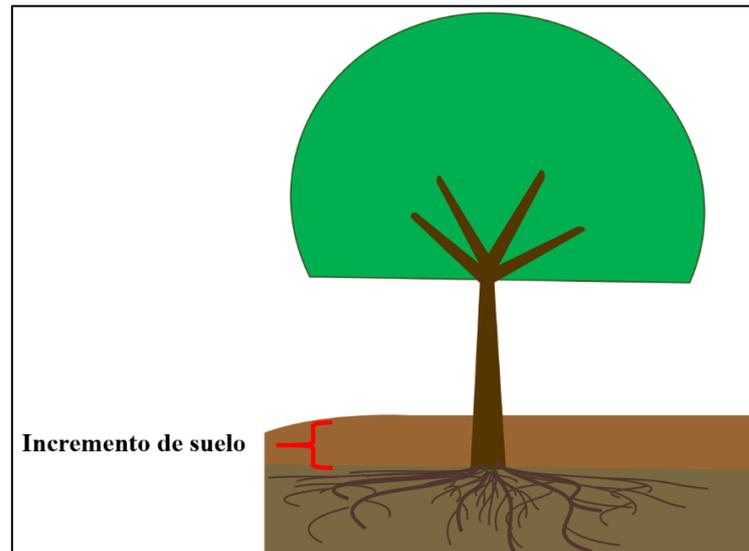


Figura N° 32. Incremento de una capa de suelo para aumentar la cota o el nivel del terreno sobre la base del sistema radicular arbóreo, ocasionado problemas de asfixia de raíces del árbol, situación que conlleva a la muerte del ejemplar en el transcurso del tiempo.

2.6.2 Afectación a nivel aéreo:

Son daños ocasionados a nivel aérea se pueden dar en diversas estructuras vegetales de las plantas. En el caso de los individuos arbóreos, estos daños se pueden dar en la copa y fuste; mientras, en caso de palmeras, pueden afectar la corona, estípite y eje principal.

El impacto negativo aéreo puede darse en el follaje y tallo de las especies arbustivas y herbáceas y el porcentaje de cobertura vegetal en cubresuelos.

- **Malas prácticas en la estructura vegetal aérea**

Las principales malas prácticas en el nivel aéreo son daños mecánicos, inadecuado retiro de plantas, falta de mantenimiento, compensaciones con bajos estándares de calidad y procedimientos arbóreos infructuosos. A continuación, se detallará cada una de ellas:

a) Daños mecánicos

Los daños mecánicos varían desde heridas, raspones, descortezamiento, golpes, fracturas, desgarros y roturas de ramas, etc. (Figura N° 33) en la estructura aérea vegetal, las cuales pueden ocasionar disminución del vigor, estrés, decaimiento, pérdida parcial de órganos vegetales, infecciones fitosanitarias, aumentar el riesgo de caída hasta la inactividad fisiológica o muerte (Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022).



Figura N° 33. Daños mecánicos (descortezamiento y raspones) en la parte media y basal del tronco de un árbol de la especie *Ficus benjamina* “Ficus” por el uso de maquinaria pesada en la ejecución de una obra de servicio básico sobre el área verde.

• Causas de daños mecánicos

Según Fite y Smiley (2016) y Polo (2022) mencionan que los daños mecánicos son originados por:

- La falta y/o inadecuada protección a la estructura vegetal próxima al área de intervención de una obra, debido a que se realizan actividades como la circulación y maniobra de maquinaria, transporte de materiales, etc. (Figura N° 34).
- Carencia de criterio técnico y cuidados en las especies vegetales por personal no especializado.
- La colocación de anuncios, letreros, etc. en los árboles y arbustos, generan heridas por el uso de objetos punzantes (clavos, alambres, tuercas, cuerdas, etc.) sobre el tronco o tallo.



Figura N° 34. Daños mecánicos en la estructura aérea de la especie *Delonix regia* “Ponciana”; asimismo, problemas de compactación del suelo y reducción de una berma lateral por las actividades constructivas de una inmobiliaria.

- **Efectos de los daños mecánicos**

- El impacto del daño mecánico afecta directamente los tejidos conductores y protectores (corteza, floema, cambium y/ o xilema) de las plantas; por lo tanto, se reduce la capacidad de transporte de agua, nutrientes, carbohidratos y compuestos y las plantas se vuelven más susceptibles al ataque de plagas y/o hongos (Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).
- Las heridas generadas por daños mecánicos son una fuente de infección de patógenos, lo cual pueden generar problemas radiculares en el transcurso del tiempo (Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022).
- Las fracturas en el arbolado se pueden dar en ramas principales y secundarias e incluso el propio fuste, lo cual puede causar la pérdida parcial de la estructura aérea, disminución del vigor, problemas de seguridad (caída intempestiva de ramas arbóreas o el vuelco del árbol) e incluso la inactividad fisiológica (Ayuntamiento de Sevilla, 2019; Benito y Palermo, 2021; Polo, 2022; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).
- La afectación mecánica en las plantas puede ocasionar un daño estructural afectando su crecimiento (malformaciones) y estado fitosanitario; asimismo, se reporta en algunos casos la muerte de la planta (Amaro et al, 2012).

b) Inadecuadas podas aéreas

Las podas antitécnicas en la copa y tronco del árbol son consideradas una mala práctica y según Alfaro (2020) señala que estas se deben a:

- Los cortes ejecutados no se ejecutan en el cuello de la rama (Figura N° 35 A), situación que en el transcurso del tiempo genera muñones e inicio de síntomas de pudrición de la madera.
- No considera el equilibrio natural de la copa arbórea.
- Falta de capacitación de técnicas correctas en poda al personal operario (Figura N° 35 B).
- Carencia de herramientas apropiadas para poda aérea, lo cual ocasiona cortes irregulares en las ramas con astillas y desgarrres.

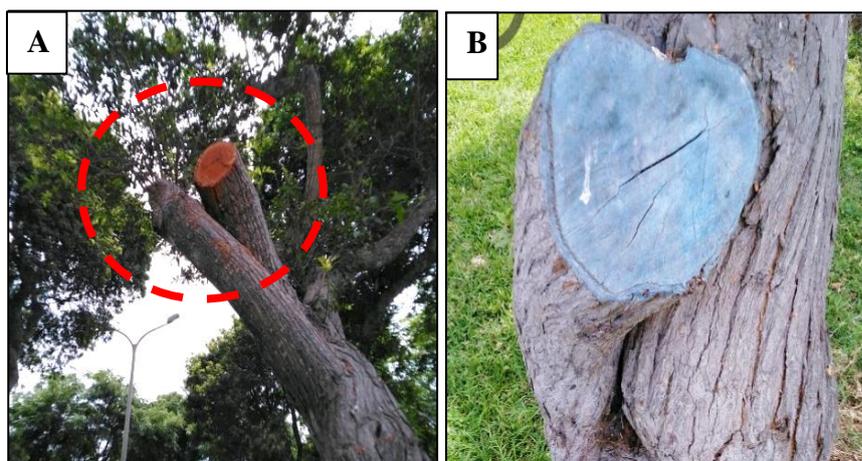


Figura N° 35. Ejecución de podas antitécnicas en el tronco arbóreo. (A) Heridas sin compartimentalizar en las ramas principales de un árbol de la especie *Schinus terebinthifolius* “Molle costeño”, por una inadecuada poda sin criterio técnico de la arquitectura propia de la especie. (B) Ineficacia del uso de pinturas cicatrizantes en heridas de gran tamaño, las cuales no pueden compartimentalizar.

Las podas antitécnicas si son muy drásticas pueden llegar a ser una “poda severa”. La poda severa es la práctica de poda más dañina para el árbol, la cual consiste en la eliminación de la totalidad o mayor parte de la estructura aérea del árbol (follaje, ramas principales y/o secundarias, parte del tronco, etc.), situación que ocasiona muñones o garrones y proliferación de brotes debajo cada corte (Figura N° 36). Este tipo de práctica también recibe el nombre de desmoche, descopado, despuntado, descabezamiento, terciado y mutilación (Alfaro, 2020; Benito y Palermo, 2021; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

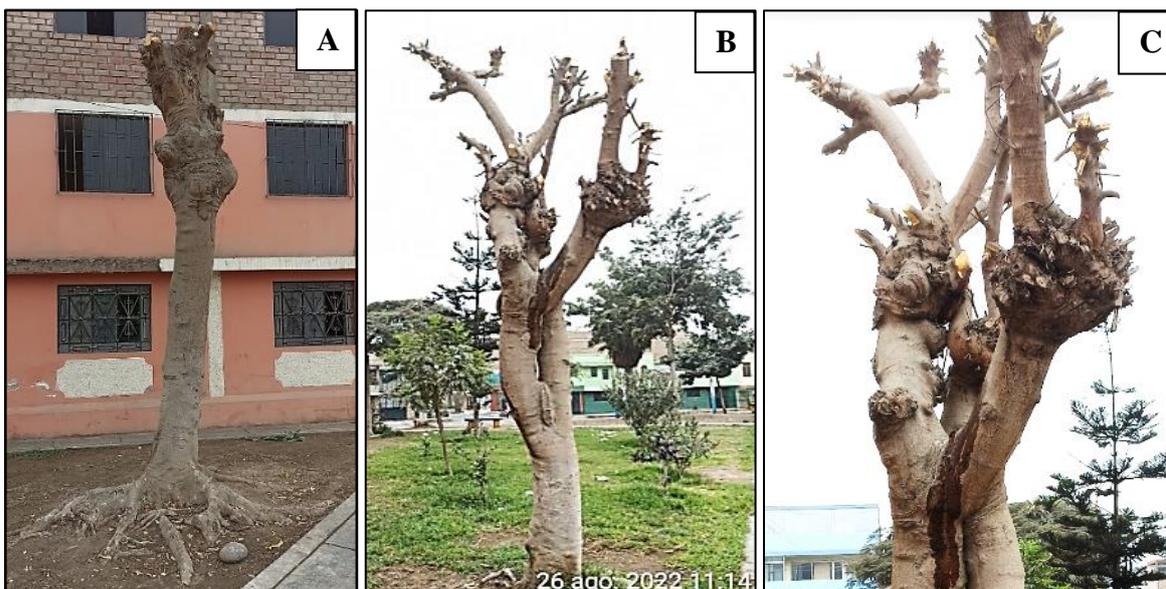


Figura N° 36. Ejecución de podas severas arbóreas (A y B) Descopado de 2 individuos arbóreos de la especie *Delonix regia* “Ponciana”. (C) Generación de muñones o garrones en el fuste de un individuo arbóreo de la especie *Delonix regia* “Ponciana”, por la ejecución de poda severa.

Generalmente las podas severas se realizan en el mantenimiento de redes eléctricas aéreas, con la finalidad de evitar problemas de seguridad por interferencias con el cableado e infraestructura eléctrica próxima (Perrette et al., 2021). En el contexto del Perú, las podas severas del arbolado por riesgo eléctrico están permitidas por la Ley de Concesiones Eléctricas y su reglamento; la cual tiene una mayor jerarquía legal que la Ordenanza N° 1852-2014-MML y prioriza la vida de las personas frente el estado de conservación del árbol.

- **Efectos de las podas antitécnicas y severas**

- Afectación a la arquitectura natural de la especie por la eliminación total o parcial de la estructura vegetal aérea, lo cual genera estrés y desestabiliza el equilibrio natural de la copa arbórea aumentando el riesgo de caída (Vargas, 2020).
- Problemas de atrincheramiento o deformación de la copa (crecimiento reiterado de brotes apicales que no guarda relación con el crecimiento de la especie provocado por un severo estrés) (Benito y Palermo, 2021; Perrette et al., 2021).
- Proliferación de muñones o garrones y yemas laterales o brotes epicórmicos, que crecen en la parte inferior de cada corte y tienen un punto de inserción débil, los cuales tienden

a romperse fácilmente, generando problemas de seguridad por caída intempestiva de ramas (Figura N° 37) (Alfaro, 2020; Benito y Palermo, 2021; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

- Generación de heridas grandes de difícil compartimentación o cicatrización, lo cual puede provocar una infección fitosanitaria y aceleración de la muerte del árbol en el tiempo. Dicha situación genera una reducción del vigor del árbol, disminución de la capacidad del árbol de soportar su peso y aumento del riesgo de caída (Dujesiefken et al., 2016; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).
- Reducción de la tasa fotosintética y una menor disponibilidad de las reservas energéticas del árbol, lo cual produce una menor compartimentalización de heridas y la generación de brotes epicórmicos en compensación a la pérdida de biomasa aérea (Benito y Palermo, 2021; Maurin y DesRochers, 2013; Perrette et al., 2021; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).
- Disminución de la provisión de servicios ecosistémicos del arbolado en la ciudad (purificación del aire, captura de carbono, sombra, refugio a fauna, reducción de protección de suelo, etc.) (Benito y Palermo, 2021).



Figura N° 37. Árboles podados severamente, los cuales se encuentran proliferando brotes epicórmicos con unión débil y representan un riesgo de caída, siendo un problema de seguridad para la comunidad (Fuente: Benito y Palermo, 2021).

c) **Trasplantes arbóreos infructuosos**

Es un procedimiento arbóreo que consiste el retiro de cualquier tipo de plantas (principalmente en árboles y arbustos) de su posición de origen, el traslado, la plantación en un nuevo emplazamiento y su posterior mantenimiento hasta su establecimiento. Dicho tratamiento se basa en las características de la especie, las condiciones climáticas, edáficas y las técnicas apropiadas; sin embargo, si se cometen errores y falta de cuidados en su ejecución, compromete el deterioro de la especie y en algunos casos la muerte (Benito y Palermo, 2021; Gobierno Autónomo Municipal La Paz, 2021).

• **Errores más comunes en el trasplante del arbolado**

Las principales malas prácticas en el trasplante de árboles, arbustos y palmeras, se pueden dar en cualquier etapa de dicho procedimiento (antes, durante y después); debido a una inadecuada supervisión, la falta de criterios técnicos y recursos (maquinarias, herramientas, materiales, etc.) para mantener el arbolado en buen estado de conservación (Quiroz, 2023).

1. Mala praxis antes del procedimiento de trasplante arbóreo y/o porte arbóreo

- No verificar las características de la especie como la capacidad de tolerancia al trasplante (**Ver Anexo 1**), la adaptación al nuevo entorno, el desarrollo radicular, la edad, el tamaño, el periodo estacional, el estado fitosanitario y mecánico, el tipo de mantenimiento, etc. (Benito y Palermo, 2021; Gobierno Autónomo Municipal La Paz, 2021).
- No realizar una preparación previa del árbol al procedimiento de traslado (riegos, podas anticipadas y tratamientos fitosanitarios), dado a que necesita una adecuada hidratación y una óptima restitución de energía para responder favorablemente al estrés que se va generar por dicha actividad (Capristan, 2023; Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2014; Quiroz, 2023).
- La ejecución de podas severas en la copa y raíces de los árboles y palmeras (Figura N° 38), conllevan a la afectación y/o la muerte en los mismos; debido a que ocasionan un desequilibrio hormonal (auxinas y citoquininas) entre la biomasa aérea y el sistema radicular. Por ello, se recomienda que las podas foliares sean al mínimo posible (0% - 25%) o en el mejor los casos no se deshoje; con el fin el de conservar la mayor cantidad de yemas apicales para responder favorablemente al estrés generado por dicho procedimiento (Capristan, 2023; Gonzales, 2023; Passola, 2011).



Figura N° 38. Ejecución de podas severas (falta del eje principal y follaje) en el procedimiento de trasplante de 2 palmeras de la especie *Washingtonia robusta* “Palmera Abanico”, situadas en la berma lateral de la Av. Huaylas del distrito de Chorrillos (Fotografía: Elizabeth Reategui, 2022).

- No planificar con anticipación la ruta del transporte del árbol al nuevo lugar de emplazamiento; debido a que es necesario el aviso previo a la comunidad y el apoyo de la municipalidad distrital para desviar el tráfico y reportar problemas con la infraestructura urbana o algún tipo de sanción (Benito y Palermo, 2021; Quiroz, 2023).

2. Mala praxis durante la ejecución del procedimiento de trasplante arbóreo y/o porte arbóreo

- La conformación del cepellón (porción de terrón) con dimensiones mínimas, reduce la posibilidad de supervivencia del árbol en el proceso de trasplante, debido a que el volumen de raíces es insuficiente para brindarle estabilidad y nutrición (Gonzales, 2023; Quiroz, 2023). Las dimensiones recomendadas para un adecuado cepellón presentan una profundidad promedio de 1.00 m y un ancho de 8 a 10 veces el DAP del árbol, procurando abarcar la mayor biomasa radicular (Benito y Palermo, 2021; Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2014; Passola, 2011).
- La falta de envoltura firme del cepellón con yute, plástico film y/o encajonado con madera; pueden ocasionar el colapso del sustrato y una parte sistema radicular y a la vez

generar problemas de seguridad en la maniobra (Benito y Palermo, 2021; Capristan, 2023; Gobierno Autónomo Municipal La Paz, 2021; Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2014).

- El izaje o levantamiento a nivel del tronco arbóreo (Figura N° 39) y estípites de palmeras, ocasiona fuertes daños mecánicos (anillamientos por obstrucción de vasos vasculares, fracturas, muerte arbórea y fallos de la estructura) y aumenta la probabilidad de accidentes y/o la muerte de personas. La manera correcta de levantar el árbol es desde la base del cepellón a través de una canastilla (Capristan, 2023; Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2014; Gonzales, 2023; Quiroz, 2023).

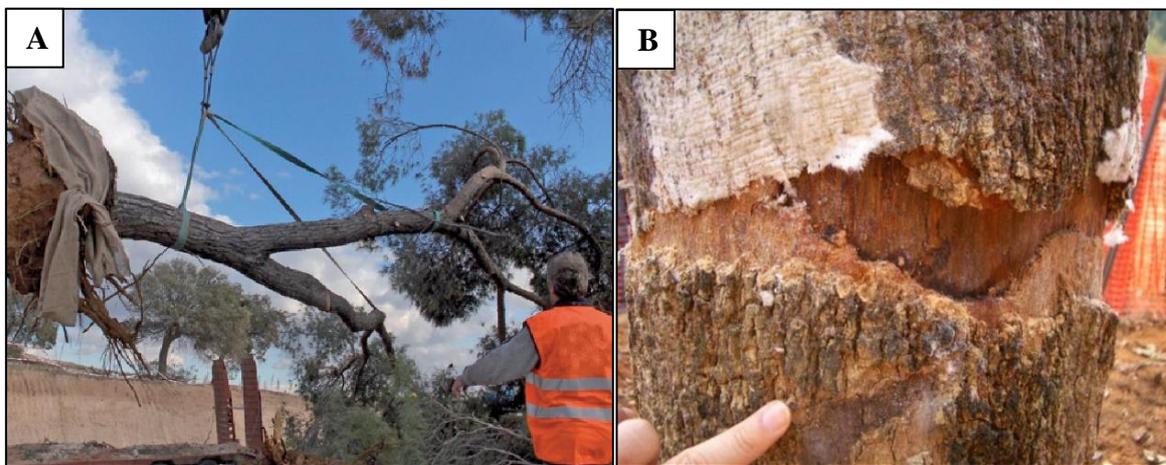


Figura N° 39. Malas prácticas en el trasplante del arbolado (A) Levantamiento del árbol por el fuste, lo cual ocasiona daños estructurales y fisiológicos. (B) Generación de fracturas del tronco, obstrucción vascular y la muerte del árbol por el izaje o levantamiento desde el fuste (Fuente: Saiz de Omeñaca et al, 2012; Government of the Hong Kong Special Administrative Región, 2014).

- Los izajes al límite de la capacidad de carga de la grúa son considerados críticos, debido a que ocasionan volteos de los árboles y aumentan los problemas de seguridad. En ese sentido, se recomienda usar maquinaria con el doble de capacidad de carga para una mejor maniobra y evitar daños en el arbolado y el personal operario; sin embargo, algunas empresas usan maquinaria de menor capacidad para ahorrar recursos económicos, poniendo en riesgo la vida de personas (Capristan, 2023).
- La ejecución del procedimiento de traslado de árboles sometidos a ambientes con una alta temperatura y una baja humedad relativa, implica una mayor pérdida de agua de las

hojas por evapotranspiración, deshidratación radicular y un aumento del estrés (Benito y Palermo, 2021; Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2014).

- Los trasplantes a raíz desnuda (palmeras) no deben realizarse a distancias largas (mayor de 1 Km), tiempos prolongados y condiciones del entorno desfavorables (temperaturas muy altas, vientos fuertes, suelos pesados, etc.); dado a que ocasionan la desecación inmediata de las raíces y daños estructurales, conllevando a la muerte de la planta (Benito y Palermo, 2021; Capristan, 2023).
- Realizar el procedimiento de trasplante con personal no capacitado y sin experiencia en la manipulación de cargas pesadas, los cuidados pertinentes que se debe tener en el arbolado y las medidas de seguridad en el manejo de maquinarias, herramientas, transporte, etc. (Benito y Palermo, 2021; Capristan, 2023; Gonzales, 2023).
- La falta de protección y supervisión de la copa, el tronco y el cepellón en el transporte del árbol, puede ocasionar daños mecánicos (rotura de ramas, desgarros, heridas, etc.), desecación y el colapso de la porción de terrón; debido a los movimientos generados en dicha actividad y la exposición de fuertes vientos (Benito y Palermo, 2021; Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2014).

3. Mala praxis después del procedimiento de trasplante arbóreo y/o porte arbóreo

- No realizar un adecuado mantenimiento del árbol (riego, abonamiento del suelo, aplicaciones de bioestimulantes y fitosanitarias, etc.); dado a que dichas labores influyen en el enraizamiento y el prendimiento vegetal en campo. El riego frecuente es indispensable para el éxito del trasplante de las especies vegetales (Benito y Palermo, 2021; Dávila, 2023; Government of the Hong Kong Special Administrative Region, 2014; Saiz de Omeñaca et al, 2012; Quiroz, 2023).
- La falta de entutorado o sujetadores puede aumentar el riesgo de caída de árboles medianos a grandes recién trasplantados, debido a que no cuentan con un sistema radicular desarrollado que permita una adecuada estabilidad en el nuevo sitio (Benito y Palermo, 2021; Saiz de Omeñaca et al, 2012). En caso de árboles jóvenes, el principal

problema que acarrea el no entutorado es el crecimiento irregular y problemas mecánicos de inclinación por la fuerza de los vientos (Ledesma, 2008).

- **Efectos de un inadecuado trasplante arbóreo y/o porte arbóreo**

Según Government of the Hong Kong Special Administrative Region (2014); Gonzales, (2023); Passola (2011); Pecknold (1991); Pryor y Watson (2016); Vandergriff y Clatterbuck (2000) señalan que los deficientes trasplantes o traslados en el arbolado causan:

- Estrés hídrico por la pérdida severa de raíces y la reducción del transporte de agua por transpiración; lo cual genera síntomas de quemaduras, marchitamiento y amarillamiento de hojas hasta la muerte regresiva de la estructura aérea (ramas y tallos).
- Menor desarrollo de entrenudos, brotes foliares y raíces, lo cual genera una reducción total del crecimiento de la especie vegetal; debido a una menor producción de hormonas (auxinas y citoquininas) y la reducción de reservas (carbohidratos) entre el sistema radicular y la biomasa aérea.
- Reducción de la tasa fotosintética por corte excesivo del follaje y ramas, lo cual conduce a una dificultosa recuperación de la planta al tratamiento de trasplante y genera problemas de seguridad en el transcurso del tiempo.
- Mayor susceptibilidad al ataque plagas y enfermedades debido a que la planta tiene una baja capacidad de defensa por el estrés hídrico generado por la mala praxis en la estructura vegetal.
- Daños mecánicos a la corteza del árbol (fracturas, heridas, anillamiento, etc.) por un inadecuado izaje desde el tronco o estípite, que causa una afectación irreversible en el arbolado y/o la muerte del mismo; así como la generación de problemas de riesgo de caída (Figura N° 39).

d) Talas arbóreas no autorizadas por la MML

La tala o derribo es una práctica que consiste en eliminar los árboles, mediante el corte del tronco desde la base o en varias secciones para asegurar la caída arbórea en la dirección deseada; asimismo, incluye la extracción y eliminación del tocón (porción de la base del tronco talada) y raíces (Eguilúz et al., 2000).

Según la Ordenanza N°1852-MML (2014) en el artículo 25° señala que: “La tala y/o poda severa en espacios públicos está prohibida. No obstante, excepcionalmente procederá cuando:

- *Exista un grado de evidente riesgo para la integridad física de bienes o personas, por riesgo muy alto de caída de especie arbórea.*
- *Cuando la especie arbórea esté muerta o en muerte regresiva por agentes fitopatológicos u otras causas.”*

No obstante, el arbolado en la ciudad es considerado como un obstáculo o elemento no deseado en la realización de muchos proyectos constructivos (Castillo y Ferro, 2015); por lo tanto, en el contexto de Lima Metropolitana se ha evidenciado la ejecución de talas arbóreas no autorizadas por la MML en árboles con buen estado fitosanitario y mecánico (Figura N° 40).

Para evitar este tipo de práctica en los árboles, es recomendable realizar el cambio del diseño del proyecto, la poda y el trasplante del árbol, con el fin de implementar un plan de conservación de los mismos y evitar la muerte arbórea por tala, la pérdida del arbolado y la disminución de beneficios que estos proveen a la ciudad (Fite y Smiley, 2016).



Figura N° 40. Tala no autorizada de árboles de la especie *Schinus terebinthifolius* “Molle costeño” situados en un parque del distrito de San Miguel. Dichos árboles no ameritaban dicho procedimiento, debido a que se encontraban en buen estado de conservación; asimismo, se evidencia ramas y troncos seccionados en varias partes y un tocón sin extraer (Fotografía: Elizabeth Reategui, 2021).

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en Lima Metropolitana, ciudad capital del Perú. Las supervisiones de la ejecución de obras en las áreas verdes públicas se realizaron en los años 2020 al 2022, de manera aleatoria a los 43 distritos de Lima Metropolitana.

No obstante, el seguimiento de proyectos constructivos en áreas verdes públicas en dicho periodo, se priorizó principalmente en algunos distritos de Lima Sur Este (Santiago de Surco, Surquillo, San Borja, etc.); debido a que las obras comprometían grandes extensiones de áreas verdes públicas, las cuales presentaban un arbolado urbano de tamaño grande y vegetación en buen estado de conservación.

Las principales empresas inspeccionadas fueron empresas de servicios básicos (agua potable, alcantarillado, gas, electricidad, etc.) como Luz del Sur, ENEL, Calidda, SEDAPAL y diversas empresas contratistas (Consortio Agua SCM, Lari Contratistas, P.A. Perú, Cobra Peru S.A., Concyssa S.A., etc.); las cuales intervenían generalmente en separadores centrales y bermas laterales.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EXPERIENCIA

3.2.1 Centro laboral

Municipalidad Metropolitana de Lima

RUC: 20131380951

- Gerencia de Servicios a la Ciudad y Gestión Ambiental
- Subgerencia de Gestión Ambiental
- División de Áreas Verdes y Ecosistemas

Dirección: Jirón Conde de Superunda N° 169, 4to. Piso – Cercado de Lima

- **Descripción de la Municipalidad Metropolitana de Lima**

La Ordenanza N° 1852-MML (2014), en el artículo 11° señala que la Municipalidad Metropolitana de Lima a través de la Gerencia de Servicios a la Ciudad y Gestión Ambiental - GSCGA es el “*órgano ejecutivo, supervisor y fiscalizador del Sistema Metropolitano de Gestión Ambiental en la jurisdicción de la provincia de Lima*” (pp. 541495).

Para conservar y proteger las áreas verdes de uso público frente a la afectación por la ejecución de obras en Lima Metropolitana, la referida ordenanza, artículo 21°, literal “c” señala:

“Todas las obras de infraestructura ajenas a las finalidades de recreación activa o pasiva que proyecten su desarrollo en el subsuelo de áreas verdes públicas deberán contar con la opinión favorable de la Gerencia del Ambiente y seguir el procedimiento descrito en el reglamento de la presente Ordenanza” (...) (pp. 541497).

La opinión técnica consiste en la emisión de un informe técnico por un especialista de la Subgerencia de Gestión Ambiental - MML, el cual detalla el análisis de la viabilidad o no viabilidad del proyecto, como producto de la supervisión in situ y la documentación presentada por una persona natural o jurídica sobre la obra. Asimismo, el referido informe brinda las recomendaciones a las empresas sobre el adecuado manejo de las áreas verdes públicas frente la ejecución de obra, con el propósito de minimizar el impacto de los trabajos en la vegetación urbana.

Además, la GSCGA - MML está encargada de realizar supervisiones inopinadas a cualquier tipo de intervención en las áreas verdes públicas y autorizar cualquier tipo de procedimiento arbóreo (tala, poda severa o el traslado) previo a su ejecución en todo Lima Metropolitana, en el marco de los lineamientos señalados en la Ordenanza N° 1852-2014-MML, para la conservación y gestión de las áreas verdes en la provincia de Lima.

3.2.2 Cargo

Asistente de Áreas Verdes y Ecosistemas

3.2.3 Funciones

- Elaborar informes técnicos de solicitud de opinión técnica para ejecución de obras en áreas verdes de uso público en Lima Metropolitana.

- Supervisar de manera inopinada el cuidado de las áreas verdes públicas de Lima Metropolitana frente la ejecución de obras y en caso de detectar infracciones, derivar a las entidades de fiscalización correspondientes para que tomen acciones al caso.
- Atender denuncias ambientales, reclamos vecinales e inspecciones respecto a la afectación de las áreas verdes de Lima Metropolitana.
- Supervisar el estado de mantenimiento de los parques distritales de Lima Metropolitana.
- Verificar las compensaciones arbóreas en las áreas verdes públicas de Lima Metropolitana.

3.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ÁREAS VERDES PÚBLICAS FRENTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS

3.3.1 Alta demanda de construcción

El sector construcción a nivel nacional, tuvo un crecimiento desmesurado de 130.22% en el año 2021 respecto del año 2020 (Figura N° 41), lo cual representa un alto dinamismo de sus actividades en el Perú (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2022). Dicho crecimiento, se debe al Plan de reactivación de las actividades económicas en el contexto del Estado de Emergencia Sanitaria Nacional, lo cual contribuyó positivamente a la ejecución de obras públicas y privadas en todo el país (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021).

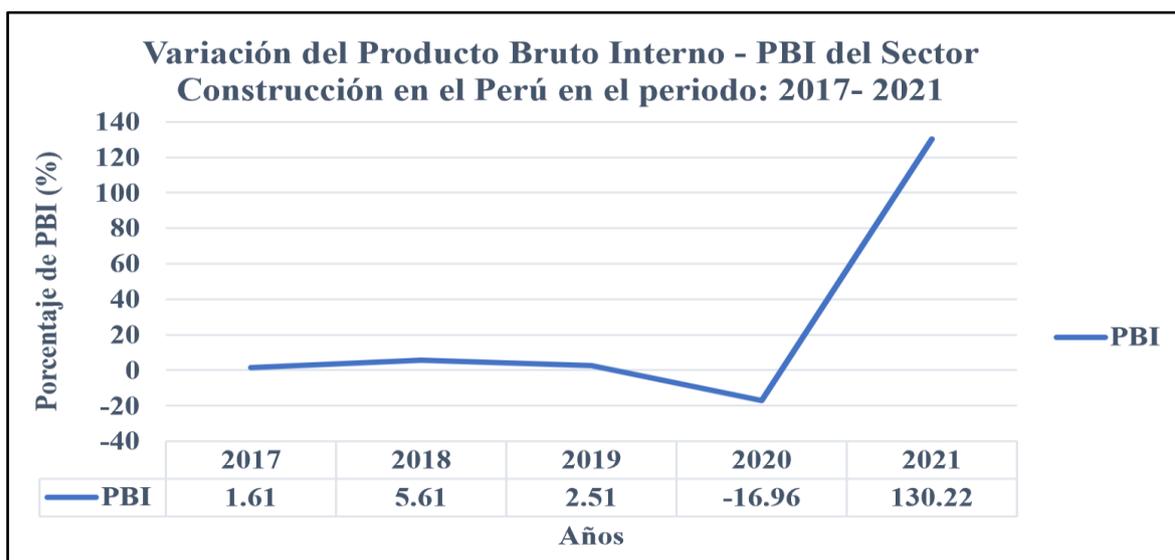


Figura N° 41. Variación del Producto Bruto Interno – PBI del sector construcción en el Perú en el periodo: 2017-2021.

Nota: Adaptado de *Perú: Evolución Mensual de la Actividad del Sector Construcción (PBI de Construcción): 2016 – 2022* del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2022).

El crecimiento de la construcción a nivel nacional tiene una relación inversamente proporcional a la superficie (m²) de áreas verdes en Lima Metropolitana, debido a que las obras procuran abarcar mayores espacios para generar mayores ingresos económicos (Quispe, 2017).

3.3.2 Falta de planificación urbana

La planificación en la siembra de las áreas verdes considera las futuras dimensiones de la especie vegetal (tamaño, amplitud de copa, forma, crecimiento radicular principalmente) a lo largo de su desarrollo, el entorno urbano, el suelo, el clima y el propósito en el sitio; con la finalidad de brindar las condiciones idóneas para el desarrollo vegetal (Bulnes et al., 2017).

En los años 50 y 60 cuando Lima Metropolitana se empezó a expandir urbanísticamente, se sembró una diversidad de especies vegetales, sin tener en cuenta cuales eran las especies adecuadas para las condiciones de la ciudad. Actualmente, los principales problemas por falta de planificación son: el levantamiento de veredas y/o pistas, las interferencias de la estructura arbórea con la infraestructura urbana, riesgos de caída arbórea, etc. (Bulnes, 2018).

3.3.3 Priorización de la circulación vehicular sobre las áreas verdes

Lima Metropolitana es una de las ciudades con mayores problemas de tráfico a nivel mundial, donde la construcción y expansión de las redes de transporte e infraestructura vehicular son considerados como una alternativa para aliviar la congestión vehicular en la ciudad (Elices, 2022).

No obstante, este tipo de obras presentan una mayor prioridad sobre los espacios verdes públicos; por lo tanto, muchas obras terminan reduciendo la superficie destinada para las áreas verdes para ampliar carriles en pistas o carreteras (Puplampu y Boafo, 2021; Servicio de Parques de Lima, 2013).

3.3.4 Falta de conocimiento y conciencia ambiental

El deterioro de las áreas verdes urbanas está asociadas a numerosas intervenciones por obras públicas y privadas, las cuales generalmente carecen de conocimiento respecto a

importancia de las áreas verdes y sus componentes. La mayoría de proyectos constructivos no integran a las áreas verdes como parte del diseño, debido a que son visualizadas como elementos triviales y obstáculos no deseados (Castillo y Ferro, 2015).

En el contexto de Lima Metropolitana, muchos proyectos constructivos no consideran la integración de las medidas de protección de las áreas verdes frente una obra; tampoco, la adecuación de los diseños constructivos respetando la vegetación urbana (principalmente el arbolado). Algunos proyectos constructivos generan la reducción y la eliminación de las áreas verdes públicas con zonificación ZRP - Zona de Recreación Pública, a pesar de estar protegidos por la Ordenanza N°1852-2014-MML.

Según Quispe (2017) indica que dicha situación es ocasionada por una falta de conciencia ambiental e intereses económicos de las empresas o instituciones encargadas de los proyectos constructivos.

3.3.5 Ejecución de malas prácticas

Las malas prácticas más frecuentes en las áreas verdes públicas de Lima Metropolitana frente a la intervención por obras son: podas radiculares deficientes, cimentación de superficies verdes, compactación del suelo, acumulación de materiales de construcción y de excavaciones, daños mecánicos y fisiológicos (debido a la ausencia de zonas de protección), traslados, talas y podas sin criterio técnico (en muchos casos sin autorización municipal), compensaciones con bajos estándares de calidad, etc.

Dichas actividades ocasionan conflictos ambientales y sociales, generando numerosas denuncias y protestas por diversos colectivos ambientales y vecinos, con el fin de defender el estado de conservación de las áreas verdes públicas.

3.3.6 Carencias y limitaciones en la Normativa Metropolitana

La Ordenanza N° 1852-2014-MML es la normativa vigente para el cuidado de las áreas verdes públicas en Lima Metropolitana y establece algunas medidas de protección de estas áreas frente la ejecución de una obra. No obstante, las carencias más notorias de la referida ordenanza son:

a) Falta de reglamentación

La definición de políticas, procedimientos y reglamentos son procesos muy complejos en las entidades públicas por problemas burocráticos (Servicio de Parques de Lima, 2013); por lo tanto, algunas veces no se llega a concretar la aprobación de normativas para complementar algunos vacíos legales.

En el caso de la Ordenanza N° 1852-2014-MML, la falta de reglamentación hace que las medidas de protección de las áreas verdes estipuladas no sean del todo efectivas; por lo tanto, se requiere mayores lineamientos específicos para proteger y salvaguardar las áreas verdes de Lima Metropolitana frente al desarrollo de obras.

b) Ausencia de manuales y guías técnicas

La Ordenanza N° 1852-2014-MML carece de manuales y guías respecto los correctos procedimientos para la protección y conservación de las áreas verdes frente la ejecución por obras.

Sin embargo, la Subgerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad Metropolitana de Lima ha propuesto algunas medidas de protección de las áreas verdes públicas previo a la intervención por obras, mediante los siguientes documentos:

- **Memorando N° 916-2019-MML¹/GSCGA²-SGA³** de fecha 15.08.2019 (**Ver Anexo 02**), donde se brinda las consideraciones técnicas respecto:
 - La reposición y preparación del terreno de las áreas verdes públicas frente el desarrollo de los trabajos constructivos.
 - La ejecución de zanjas a 1.00 m adicional del término de la proyección de la copa arbórea, la cual es una medida general para el cuidado radicular de todas las especies.
 - Los procedimientos arbóreos (traslados, podas severas y talas) deben ser previamente autorizados por la MML, en cumplimiento a la Ordenanza N° 1852.
 - Elaboración de un informe donde se evidencie la ejecución de las consideraciones técnicas para el cuidado de las áreas verdes públicas.

- **Memorando N° 314-2020-MML¹/GSCGA²-SGA³** de fecha 19.02.2020 (**Ver Anexo 03**), donde se brinda las siguientes consideraciones técnicas complementarias:

¹ MML: Municipalidad Metropolitana de Lima

² GSCGA: Gerencia de Servicios a la Ciudad y Gestión Ambiental

³ SGA: Subgerencia de Gestión Ambiental

- Un supuesto excepcional solo en casos de imposibilidad de modificación de la trayectoria de la obra, el cual consiste en ejecutar excavaciones manuales y los cuidados pertinentes en el límite o una distancia moderada de la proyección de la copa arbórea, previa evaluación de un especialista antes de la ejecución de la obra.
- Carece de metodologías para determinar las distancias de afectación de la ejecución de las zanjas en el sistema radicular de los árboles.
- Solicitud de una carta de compromiso del responsable de la obra (persona jurídica) respecto la ejecución de excavaciones manuales en el sector evaluado del árbol, con el propósito de asegurar la conservación del arbolado y brindar la opinión técnica favorable de la SGA-MML.

Los referidos memorandos contienen pautas generales basadas en experiencias de los funcionarios, las cuales no están sustentadas por investigadores, arboristas certificados, reconocidos especialistas en áreas verdes y diversas instituciones internacionales del cuidado del arbolado y áreas verdes, etc. Por lo tanto, actualmente se requiere mayores esfuerzos para mejorar los lineamientos técnicos para la protección de las áreas verdes públicas frente al desarrollo de obras.

El principal estándar internacional es la normativa del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares – ANSI A300, debido a que tiene un enfoque científico, procedimientos estandarizados y recomendaciones acreditadas para una buena gestión y cuidado del arbolado urbano. El apartado 5 de la referida normativa internacional, brinda los correctos procedimientos de protección del arbolado frente a procesos constructivos, con el fin de minimizar el impacto de la obra en diversos tipos de situaciones (Tree Care Industry Association, 2022). No obstante, dicha normativa no está al libre acceso para el público en general, debido a que tiene un costo.

3.3.7 Falencias de las solicitudes de opinión técnica

Los proyectos que tuvieron opinión técnica no favorable (inviabilidad de la ejecución de la obra) en las áreas verdes públicas, se debieron a las siguientes falencias que presentaron las empresas:

- La documentación para la protección de las áreas verdes era inexistente y en otros casos se encontraban incompleta, los cuales carecen de lo siguiente:

- Plan de manejo y protección de las áreas verdes frente a un proceso constructivo, en algunos casos estaban mal elaborados.
 - Inventario georreferenciado de las especies vegetales (identificación botánica, cantidad, códigos, características y panel fotográfico actualizado).
 - Planos de ubicación actual de las especies vegetales y la trayectoria de la obra. En algunos casos no especificaban la posición final de las especies arbóreas que se ejecutarán el procedimiento del traslado.
 - Expediente técnico completo donde se detalle toda la información del proyecto.
 - Algunos proyectos constructivos que tendrían un impacto considerable en las áreas verdes y demás componentes del ambiente, no presentaban con un Estudio de Impacto Ambiental.
 - Registro fotográfico actualizado de la zona a intervenir.
 - Falta de un cronograma actualizado y contacto del responsable del proyecto.
- Algunas empresas no contaban con especialistas en áreas verdes; por lo tanto, se evidenciaba una falta de criterio técnico sobre el cuidado y protección de la vegetación urbana.
 - El diseño y planos de la obra no consideraba la ubicación de las especies arbóreas y de las áreas verdes existentes, lo que suponía un riesgo de desaparición del arbolado y la superficie vegetal existente.
 - Los proyectos de infraestructura ajenos a la recreación activa y/o pasiva, eran situadas en áreas verdes intangibles (Zona de Recreación Pública - ZRP), lo que afectaba el carácter ambiental y recreacional de las áreas verdes públicas.
 - La ejecución del proyecto podría generar conflictos ambientales y sociales, por el impacto negativo en el área verde, la cual pudiera generar riesgos de caída en el arbolado, reducción y deterioro de la superficie verde.

3.3.8 Limitaciones en la Gestión Pública Municipal

- Existe una alta rotación y cambio de funcionarios en las municipalidades distritales y metropolitana; por lo tanto, las coordinaciones efectuadas entre las entidades quedan sin continuidad.
- Los inventarios municipales de áreas verdes mayormente no se encuentran actualizados, los cuales son importantes para la gestión, protección y demostración de la propiedad

pública constitutiva de un espacio verde frente a actividades constructivas (Servicio de Parques de Lima, 2013).

- La falta de articulación y comunicación entre municipalidades distritales y metropolitana; no permite mejorar las acciones de supervisión y fiscalización ambiental de la ejecución de obras en las áreas verdes públicas.
- Las áreas verdes carecen de prioridad en el gasto público e inversión, lo cual limita su expansión y cuidados en la ciudad (Quispe, 2017). En ese sentido, la Municipalidad Metropolitana de Lima no puede realizar la compra de instrumentos tecnológicos (Tree radar, tomógrafo forestal, etc.) para una evaluación más precisa de la afectación de los componentes de las áreas verdes.

3.4 EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LAS ÁREAS VERDES FRENTE LA EJECUCIÓN DE UNA OBRA

Los espacios verdes que son intervenidos por la ejecución de obras, que carecen de cuidados oportunos ocasionan la afectación a las áreas verdes (Rendon, 2010); por lo tanto, es necesario determinar el grado de severidad del daño que puede sufrir cada componente del área verde, con el fin de tomar las medidas preventivas y mitigación inmediata para la conservación y protección de las mismas.

3.4.1 Evaluación de la afectación del suelo y/o subsuelo

La compactación es el principal problema que sufre un suelo por el uso de maquinaria pesada en la ejecución de obras (Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022; Pouyat et al, 2020; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

Por ello, se propone la metodología de determinación de la compactación del suelo, antes y después de la obra, con el fin de detectar los cambios en la estructura de los suelos urbanos.

- **DETERMINACIÓN DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO**

La medición de la densidad aparente y la resistencia a la penetración, son los criterios más exactos y de medición rápida para determinar el grado de compactación del suelo (Vial, 2021). Asimismo, Valdivia et al (2019) presentan una metodología práctica para detectar el grado de compactación en campo.

1. La densidad aparente: Es la relación entre la masa del suelo secada en estufa a 105 ° C y el volumen total del suelo (sin compactar) incluyendo el espacio poroso y sus unidades de medida son en g/ cm³ (Rojas, 2012).

Se puede determinar mediante el método del cilindro, por estrato del perfil del suelo y el método del terrón. Del resultado obtenido, se hará una consulta en la **Tabla N° 4**, donde se presentan los rangos del desarrollo radicular por diferente textura del suelo a diferentes niveles de compactación (Vial, 2021).

Tabla N° 4. Relación entre la densidad aparente y el grado de compactación, según el tipo de textura del suelo (Fuente: Vial, 2021).

Textura del suelo	Da (g/cm³) Adecuado	Da (g/cm³) Afecta el crecimiento	Da (g/cm³) Inhibe el crecimiento
Arenoso, areno franco	< 1.6	1.69	> 1.8
Franco arenoso, franco	< 1.4	1.63	> 1.8
Franco areno arcilloso	< 1.4	1.6	> 1.75
Franco limoso, limoso	< 1.4	1.6	> 1.75
Franco arcilloso	< 1.1	1.6	> 1.75
Franco arcillo limoso	< 1.1	1.55	> 1.65
Areno arcilloso, arcillo limoso (35-45% de arcilla)	< 1.1	1.49	> 1.58
Arcilloso (>45% arcilla)	< 1.1	1.39	> 1.47

En la Tabla N° 4, se observa que a medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad y aumenta la densidad aparente. Hay que tener en cuenta que los suelos con una textura arcillosa o limosa, alto contenido de humedad o bajos niveles de materia orgánica son más susceptibles a la compactación que los suelos secos, de textura gruesa y con alta materia orgánica (Fite y Smiley, 2016).

2. La resistencia a la penetración: Es el grado de dureza que presenta un suelo, que se mide mediante el uso de un penetrómetro, donde las lecturas mayores a 2000 kPa (≥ 300 PSI) son consideradas como un umbral crítico para el desarrollo radicular. El muestreo

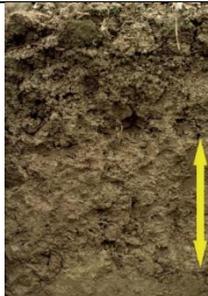
se realiza en suelos en capacidad de campo y con condiciones homogéneas, cada 30 a 45 m y una profundidad de 0 a 45 cm del perfil del suelo, donde el porcentaje de las lecturas mayores a 300 PSI determinaran el grado de compactación del suelo (Tabla N° 5) (Vial, 2021).

Tabla N° 5. Porcentaje de lecturas para determinar del grado de compactación (Fuente: Gray, Higgins y Wells (1995) extraído de Vial (2021))

IC (%) mayor a 300 PSI	Grado de compactación
<30	Poco – ninguno
30-50	Leve
50-75	Moderado
>75	Grave

3. Evaluación visual de la compactación del suelo: Es una metodología práctica que consiste en la estimación del grado de compactación del suelo de manera visual, mediante diferentes características clasificadas en 3 tipos (Tabla N° 6) (Valdivia et al., 2019).

Tabla N° 6. Características de los indicadores de compactación del suelo.

CARACTERISTICAS Y VALORACIÓN		
Buena condición	Condición Moderada	Condición Pobre
 <p>No hay compactación. Estructura y poros muy visibles claramente. Hay canales de lombrices y presencia de raíces nuevas y viejas.</p>	 <p>Empieza a notarse compactación en la parte inferior del suelo. Estructuras con pocos poros, de fácil fractura. Poca presencia de canales de lombrices y presencia de raíces nuevas y viejas.</p>	 <p>Compactación muy desarrollada en parte inferior del suelo. No hay macroporos. Suelo muy compacto y macizo. No se observan canales de lombrices, ni presencia de raíces nuevas o viejas.</p>

Nota: Adaptado de *Evaluación Visual de Suelos. Instructivo 2.* (p. 13) Valdivia et al. (2019).

De igual manera, Benito y Palermo (2021), recomiendan algunos indicadores de fácil observación visual para detectar la compactación:

- Remoción del suelo para verificar el estado de conservación de las raíces (detección de problemas radiculares como hongos, enrollamientos, signos de decaimiento, etc.).
- Persistencia de encharcamientos en el suelo o dificultad de infiltración del agua.
- Resistencia a la excavación manual.

3.4.2 Evaluación de la afectación de la cobertura vegetal

La remoción de la cobertura vegetal del suelo en los procesos constructivos, induce a la pérdida del área verde y deterioro del suelo (Alonzo y González, 2010).

Según el Sistema de Indicadores de Desertificación para Europa Mediterránea (Agricultural University of Athens, 2004) el porcentaje de cobertura vegetal, es un factor clave para evaluar la degradación de un suelo (**Ver Tabla N° 7**).

Tabla N° 7. Relación del porcentaje de cobertura vegetal y el grado de degradación del suelo (Fuente: Agricultural University of Athens, 2004).

% de Cobertura vegetal	Estado de degradación del suelo
<10%	Alto
10% - 40%	Regular
>40%	Moderado - Bajo

El umbral crítico de dicha metodología considera que menor o igual a 40% de cobertura vegetal, para acentuar los problemas de erosión y degradación del suelo; debido a que la superficie de la tierra queda sin vegetación (Agricultural University of Athens, 2004).

3.4.3 Metodología de la afectación de las especies de porte bajo y mediano

El mínimo daño en las plantas ornamentales puede disminuir drásticamente su valor comercial, siendo no aptas para su uso ornamental en áreas verdes (Palacios, 2016).

Por lo tanto, para evaluar los estándares de calidad de las plantas ornamentales, la Fundación Juana de Vega y Xunta de Galicia (2016) determinan una Normativa de Calidad de la Planta

ornamental, la cual se recomienda cumplir en la reposición de las especies ornamentales. Algunas características de importancia son:

1. Buen estado fitosanitario (libres de plagas y enfermedades).
2. Las hojas, tallos y ramas no deben tener daños fisiológicos, ni defectos evidentes; que afecten su apariencia y su desarrollo.
3. Las plantas deben expresar las características propias de la especie/ variedad (altura, ancho, color de pétalos, formas de hojas, número de tallos, etc.).
4. La biomasa radicular debe estar en buen estado de conservación y desarrollo, sin presentar raíces estrangulantes, ni ningún tipo de daño.
5. Los cepellones deben permitir el desarrollo radicular propio de la especie y su estado de desarrollo.

Por lo tanto, de no cumplir con los referidos requisitos mínimos en la compensación de plantas de porte bajo, se considerará una afectación en las mismas y el paisaje.

3.4.4 Metodología de la afectación en el arbolado

- **AFECTACIÓN EN EL SISTEMA RADICULAR**

Bulnes et al. (2017), recomienda de manera general que la infraestructura urbana debe situarse a una distancia relativa mínima de 2 a 3 m de cualquier individuo arbóreo. Sin embargo, el Ayuntamiento de Sevilla (2019) y Fite y Smiley (2016) señalan que es necesario determinar las 02 zonas de la estructura radicular arbórea: Zona Crítica Radicular - ZCR y la Zona de Protección Arbórea – ZPA, con la finalidad de adoptar una serie de medidas de protección del arbolado urbano frente a la ejecución de obras.

1. Determinación de la distancia de la Zona Crítica Radicular – ZCR.

La metodología más reconocida para determinación de la Zona Crítica Radicular en la arboricultura moderna, la brinda Mattheck Claus et al (2003), mediante sus estudios de caída de árboles y la relación entre el diámetro de tronco y el diámetro de área de anclaje, el cual propone la siguiente fórmula:

$$Rw = 64 \times R^{0.42}$$

Donde:

- **R:** Radio del tronco medido a la altura de 1,3 m.
- **Rw:** Radio de la Zona Crítica Radicular - ZCR.

- **Consideraciones a tener en cuenta:**

Las actividades de excavación que afecten en más del 40% de raíces localizadas dentro de la Zona Crítica Radicular - ZCR, conlleva que a generar un inminente riesgo de caída del árbol (Benito y Palermo, 2021).

- **Ejemplos de aplicación de determinación de la ZCR:**

El Ayuntamiento de Sevilla (2019), muestra una serie de ejemplos de la aplicación de dicha fórmula mediante la siguiente tabla:

Tabla N° 8. Ejemplos de aplicación de la metodología de determinación de la Distancia Crítica Radicular - ZCR (Fuente: Ayuntamiento de Sevilla, 2019).

Radio del tronco o fuste (cm)	Distancia de la Zona Crítica Radicular – ZCR (m)
5	1.26
10	1.68
15	2.00
20	2.25
25	2.47
30	2.67
35	2.85
40	3.01
45	3.17
50	3.31

2. Determinación del tamaño de la Zona de Protección Arbórea – ZPA.

Existen diversos métodos para determinar el tamaño de la Zona de Protección Arbórea - ZPA, pero los más usados son el método de la línea de goteo y el método del diámetro del tronco.

a) Método de la línea de goteo

Según Fite y Smiley (2016), dicha metodología utiliza la línea de goteo o la proyección de la copa de los árboles, para definir el límite de la Zona de Protección Arbórea - ZPA (Figura N° 42).

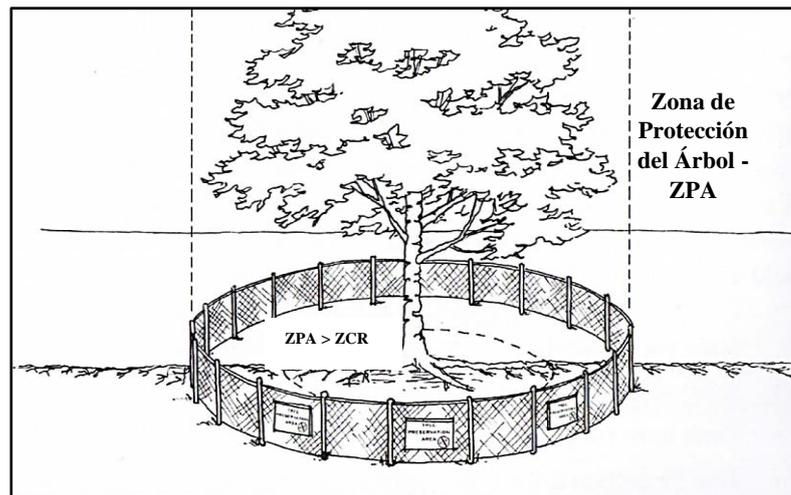


Figura N° 42. Método de línea de goteo para definir la Zona de Protección Arbórea - ZPA (Fuente: Fite y Smiley, 2016).

• **Consideraciones a tener en cuenta:**

- Esta metodología a pesar de ser práctica es limitada, porque no presenta una exactitud y no es aplicable para todos los casos; debido a que existen árboles con una distribución irregular de las raíces por factores del entorno (interferencia con infraestructura, características del suelo, etc.). En ese sentido, se recomienda el método del diámetro del tronco por presentar una mayor precisión en el cálculo de la ZPA (Fite y Smiley, 2016).
- Se debe tener en cuenta la edad y el estado de conservación del árbol (vigorosidad y amplitud de copa) (Benito y Palermo, 2021); los cuales son muy variables y pueden ser alterados por la actividad humana (ejecución de podas, daños mecánicos, etc.) ocasionando cambios significativos en el cálculo de la ZPA.

b) Método del diámetro del tronco

Según Fite y Smiley (2016), esta metodología se basa en la medición del diámetro del tronco a la altura de pecho – DAP y la asignación de un factor que varía desde 6 a 18;

el cual depende de la tolerancia de la especie al daño por construcción y la edad relativa del árbol (**Tabla N° 9**). La unidad de medida utilizada para calcular el DAP (típicamente medida en cm) será la misma unidad que el radio de la ZPA. La fórmula de dicho método es la siguiente:

$$\text{DAP} \times \text{Factor de multiplicación} = \text{Radio ZPA}$$

Donde:

- **DAP:** Diámetro del árbol a la altura del pecho (medido a 1.30 m desde la base del tronco).
- **Factor de multiplicación:** Tolerancia de la especie al daño por construcción y la edad relativa del árbol (**Tabla N° 9**).

Tabla N° 9. Directrices para determinar el factor de la Zona de Protección Arbórea - ZPA, para árboles sanos y estructuralmente sólidos.

Tolerancia de la especie al daño por construcción (Ver Anexo N° 1)	Edad relativa del árbol	Factor de multiplicación
Alto	Joven	6
	Adulto	8
	Muy Adulto	12
Medio	Joven	8
	Adulto	12
	Muy Adulto	15
Bajo	Joven	12
	Adulto	15
	Muy Adulto	18

Nota: Adaptado de Matheny y Clark (1998) y el Instituto Británico de Normas (2012) extraído de *Managing trees during construction. Companion publication to the ANSI A300 Part. 5: Tree, Shrub, and other Woody Plant Maintenance – Standard Practices*. International Society of Arboriculture (p. 12). Fite y Smiley, 2016.

• **Consideraciones a tener en cuenta:**

- La Zona de Protección Arbórea – ZPA no debe ser menor a la distancia de la Zona Crítica Radicular - ZCR, debido a que de afectarse la ZCR, se reduciría la probabilidad de supervivencia de los árboles en el transcurso del tiempo y aumentaría el riesgo de caída arbórea (Fite y Smiley, 2016).

- Esta metodología es más proteccionista cuando se tratan árboles viejos o con baja vitalidad, debido a que las distancias calculadas son mayores a los otros métodos (Ayuntamiento de Sevilla, 2019).
- Los cálculos siempre deben ser verificados por un arborista en campo y pueden ser ampliados o modificados si la situación la requiere (raíces de gran extensión y también de crecimiento asimétrico, grupo de árboles próximos al área de intervención, etc.), con el propósito de brindar una mayor protección radicular al arbolado (Fite y Smiley, 2016).
- Según Benson et al. (2019b) recomienda que la Zona de Protección Arbórea debe ser como mínimo 15 veces el DAP, para brindar una mayor eficiencia en la protección de las raíces frente el estrés fisiológico causado por la ejecución de zanjas.

- **Ejemplos de aplicación del método del diámetro del tronco:**

Algunos ejemplos propuestos por Fite y Smiley (2016) son:

- Ejemplo A:** ZPA para un árbol adulto de tolerancia media al daño por construcción, con un DAP de 51 cm; se calcula lo siguiente:

$$\text{DAP} \times 12 = 51 \text{ cm} \times 12 = 612 \text{ cm} = 6,1 \text{ m de radio}$$

- Ejemplo B:** ZPA para un árbol adulto altamente tolerante al daño por construcción, con un DAP de 51 cm; se calcula lo siguiente:

$$\text{DAP} \times 8 = 51 \text{ cm} \times 8 = 406 \text{ cm} = 4,1 \text{ m de radio}$$

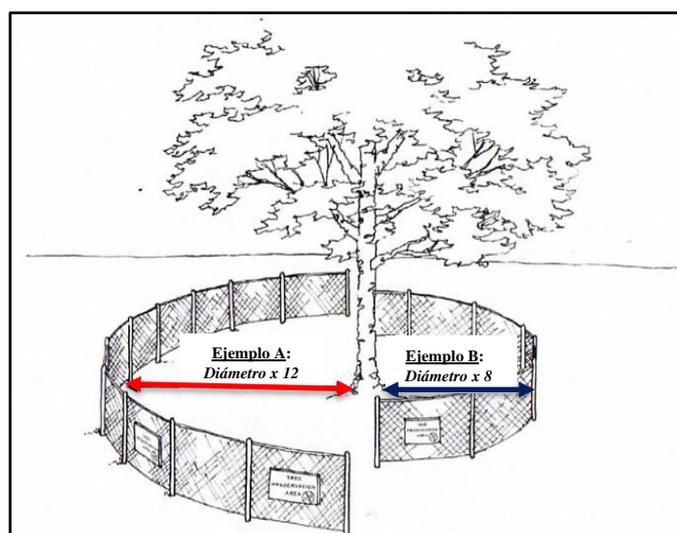


Figura N° 43. Representación gráfica de los ejemplos del uso del método del diámetro del tronco para determinar el radio de la ZPA (Fuente: Fite y Smiley, 2016).

• METODOLOGIA EN LA ESTRUCTURA AÉREA DEL ÁRBOL

a) Afectación por podas a la copa arbórea

La copa arbórea puede ser afectada de manera parcial o total, donde el nivel de afectación por la severidad de la ejecución de podas en el arbolado se presenta en la Tabla N° 10. Es necesario considerar que las podas antitécnicas y drásticas deben evitarse, con la finalidad de no comprometer la vida del arbolado (Gobierno Autónomo Municipal La Paz, 2021).

Tabla N° 10. Grado de afectación por podas arbóreas.

Severidad del daño por poda	Porcentaje de daño (%)	Posibilidad de recuperación arbórea
Leve	1 - 25% de daño en la copa	Recuperación rápida
Moderado	26 – 50 % de daño en la copa	Recuperación moderada
Fuerte	51 – 75 % de daño en la copa	Fuerte estrés, recuperación lenta
Muy fuerte o drástico	76 – 100% de daño en la copa	Muerte

Nota: Adaptado de *Guía Técnica: “Acciones de protección, conservación y mitigación arbórea en actividades, obras y proyectos de construcción”* (p. 32), Gobierno Autónomo Municipal La Paz, 2021.

Las Normas ANSI señalan que las podas arbóreas con más del 25% de eliminación de la copa viva en un mismo año, inician el agotamiento de las reservas de energía (almidón, azúcares y aceites) y afectan el proceso de fotosíntesis del árbol (Gilman y Lilly, 2008). En ese sentido, Gonzales (2023) y Quiroz (2023) indican que las podas arbóreas mayores al 30% de la copa en un árbol adulto, generan síntomas de estrés (decaimiento y atrincheramiento) y afectan la estabilidad de la estructura arbórea.

Según lo señalado por Maurin y DesRochers (2013), Perrette et al. (2021) y mi experiencia en campo, la afectación del árbol por la intensidad de podas aéreas puede presentar variaciones; debido a que se encuentra influenciada por diversos factores:

- El vigor y las reservas energéticas del árbol.
- La edad o el estado de desarrollo arbóreo.
- El estado fitosanitario y la severidad de los daños mecánicos.
- Las características propias de la especie (principalmente la eficiencia de compartimentalización de heridas por podas).
- Las condiciones del ambiente (temperatura, humedad relativa, estación del año, etc.).

- Las limitaciones del entorno (jardineras pequeñas, aperturas de zanjas próximas al sistema radicular, problemas edáficos, etc.).

Por lo tanto, dichos factores influyen en la respuesta de recuperación y la tolerancia del árbol al estrés por este tipo de procedimiento. En caso que el árbol se encuentre en mal estado de conservación, basta solo con un mínimo daño para acelerar su muerte regresiva.

b) Afectación al tronco arbóreo

El tronco arbóreo en el proceso constructivo puede sufrir daños mecánicos como el descortezamiento o desgarro de la corteza; por lo tanto, el grado de severidad del daño debe ser clasificado (Tabla N° 39) con la finalidad de mejorar las medidas de protección y prevención del daño (Gobierno Autónomo Municipal La Paz, 2021).

Tabla N° 11. Grado de severidad del daño mecánico por descortezamiento arbóreo.

Grado de severidad	Representación grafica	Porcentaje de daño (%)	Características
Leve		X < 15% de daño a la corteza alrededor del tronco. Tamaño del daño hasta 5 cm de altura.	- Posible recuperación. - Estrés leve a moderado.
Moderado		16% - 25% de daño a la corteza alrededor del tronco. Tamaño del daño hasta 10 cm de altura.	- Estrés moderado a fuerte. - Deterioro del árbol por afectación del crecimiento.
Fuerte		X > 25% de daño a la corteza alrededor del tronco. Tamaño del daño mayor a 10 cm de altura.	- Fuerte estrés - Muerte lenta

Nota: Adaptado de *Guía Técnica: "Acciones de protección, conservación y mitigación arbórea en actividades, obras y proyectos de construcción"* (p. 33), Gobierno Autónomo Municipal La Paz, 2021.

Según mi experiencia observada en campo, los daños mecánicos generados por las malas prácticas en actividades constructivas, aceleran el deterioro, decaimiento del árbol e incrementan los síntomas de enfermedades preexistentes; sin embargo, este tipo de daño combinado con diversos defectos mecánicos incrementan el riesgo de caída del árbol. En ese

sentido, Benito y Palermo (2021) señalan que los daños mecánicos pueden originar la presencia de canchales, el cual, si supera el porcentaje de 40 % alrededor del tronco, puede conllevar a una fractura del tronco en dicha zona afectada y la caída intempestiva de la estructura arbórea; por lo tanto, se debe intervenir de manera inmediata por seguridad.

• **METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE IDONEIDAD ARBÓREA PARA LA CONSERVACIÓN**

Este tipo de metodología se usa en la fase de planificación de proyecto, con el fin de evaluar y determinar la posibilidad de conservación de los árboles aptos y no aptos dentro del área de intervención de la obra y destinar los recursos oportunos para implementar las medidas de protección a los árboles que cumplan con los criterios de calificación de la Tabla N° 12 (Fite y Smiley, 2016).

Tabla N° 12: Matriz de idoneidad para determinar la posibilidad de conservación de los individuos arbóreos antes de la ejecución de una obra.

Salud Puntaje: 1 – 15	Deteriorado				Puntaje obtenido	
	Vigoroso					
	1.....15					
Distancia desde el tronco a la raíz afectada por podas y excavaciones (*) Puntaje: 1 – 15	X < 6 cm por 1 cm de DAP	6 - 12 cm por 1 cm de DAP	12 – 18 cm por 1 cm de DAP	X > 18 cm por 1 cm de DAP	Puntaje obtenido	
Defectos estructurales (**) Puntaje: 1 – 15	Muchos 1	Algunos 5	Poco 10	Ninguno 15	Puntaje obtenido	
Capacidad de Tolerancia de la especie frente a actividades constructivas (Ver Anexo N° 01) Puntaje: 1 – 15	Mala 1	Regular 3	Moderada 7	Buena 11	Muy Buena 15	Puntaje obtenido
Edad (Relativa a la vida útil de la especie) Puntaje: 1 - 10	Viejo (>2/3) 1		Adulto (1/3 – 2/3) 5		Joven (1/3) 10	Puntaje obtenido
Localización de la actividad de construcción Puntaje: 1 - 10	Dentro de 3x DAP			>2x línea de goteo	Puntaje obtenido	
Calidad del suelo / características Puntaje: 1 - 10	Mal drenaje Baja materia orgánica Zona húmeda o seca, arcilla pesada		Buen drenaje Alta materia orgánica Humedad moderada		Puntaje obtenido	
Especie deseable Puntaje: 1 - 10	Bajo 1.....10			Alto	Puntaje obtenido	
					PUNTAJE TOTAL (100)	

Nota: Adaptado de *Managing trees during construction. Companion publication to the ANSI A300 Part. 5: Tree, Shrub, and other Woody Plant Maintenance – Standard Practices*. International Society of Arboriculture (p. 7). Fite y Smiley, 2016.

Tener en cuenta:

(*) = Si es menor de 5, generalmente este árbol no sería un candidato para la preservación.

(**) = Si es menor de 10, considerar los riesgos que presenta la preservación del árbol.

Calificaciones de idoneidad arbórea:

Según Fite y Smiley (2016) señalan:

- **X>80 puntos = Bueno:** Árbol con alto potencial de longevidad en el sitio después de la construcción.
- **79-60 puntos = Moderado:** Árbol que puede requerir un manejo y monitoreo más profundo, antes, durante y después de la construcción y puede tener una vida útil más corta que los de la categoría "bueno".
- **X<59 puntos = Pobre:** Árbol que puede declinar durante o después de la construcción sin necesidad de manejo.

3.5 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN FRENTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS

Las buenas prácticas de gestión del manejo del arbolado durante la construcción, desarrollada por Fite y Smiley (2016), se basan en la normativa del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares – ANSI A300, apartado 5 “Mantenimiento de árboles, arbustos y otras plantas leñosas: prácticas estandarizadas”. Dichos autores señalan que un proyecto constructivo está dividido en 5 etapas: planificación, diseño, pre-construcción, construcción y post-construcción; donde el plan de protección de las áreas verdes deberá ser implementado todas las fases de la obra.

3.5.1 Fase de planificación

La fase de planificación de un proyecto es la etapa donde se evalúa y define la ingeniería del proyecto. En esta fase es importante el trabajo articulado entre el propietario, el contratista, el arquitecto, el ingeniero, supervisor y el especialista de áreas verdes y/o arboricultor; con el fin de identificar los posibles problemas entre la construcción y la protección de la vegetación, buscar soluciones oportunas al caso y ahorrar recursos (Bardon et al, 2019; Dennis y Jacobi, 2022; Fite y Smiley, 2016).

- **Levantamiento de información:**

El levantamiento de información respecto la vegetación existente, es importante en esta fase, debido a que sirve para diseñar el proyecto y ser la base para un plan de protección vegetal. La toma de data se hace por medio de inventarios de áreas verdes, planos de ubicación de las especies vegetales y un análisis de la calidad física del suelo; con el fin de determinar si

soportarán el estrés de la obra y brindar las medidas de protección adecuadas (Bardon et al, 2019; Fite y Smiley, 2016).

a) Inventario de Áreas Verdes

El inventario de áreas verdes registra el tipo de especie, tamaño, ubicación, estado de conservación (fitosanitario y/o mecánico), características resaltantes y las medidas oportunas recomendadas por el especialista (podas, riego, abonamiento, manejo fitosanitario, etc.) e determinación de la idoneidad para la conservación (Elmendorf et al, 2022; Fite y Smiley, 2016; Louks, 2007; Topping, 2018).

b) Análisis de Suelo

El análisis de la calidad física del suelo determina la estructura del suelo, el tipo de textura y los niveles de materia orgánica; con el fin de determinar si el suelo es susceptible a problemas de compactación, erosión y pérdida de propiedades físicas en el proceso constructivo. Además, el referido análisis nos permite detectar los niveles nutricionales del suelo para la vegetación urbana y poder tomar medidas correctivas si fuera el caso (Fite y Smiley, 2016; Topping, 2018).

• Determinación de la idoneidad de los árboles

En el caso del arbolado, por ser un elemento permanente, se deberá tener una evaluación especial para determinar si el árbol está apto para la conservación y protección en la obra. En esta etapa de la obra, se recomienda usar la matriz de determinación de idoneidad arbórea, explicada previamente (**Tabla N° 12**), la cual se basa en las características de especie, el estado de conservación, el tamaño, la edad, etc. (Elmendorf et al, 2022; Fite y Smiley, 2016). Dennis y Jacobi (2022), Fite y Smiley (2016) y Louks (2007) indican que las características que debe tener una especie arbórea idónea para la conservación en una obra, son:

- Buena y moderada capacidad de tolerancia a la construcción (**Ver Anexo N° 1**).
- Árboles nativos que se adaptan fácilmente a las condiciones del lugar.
- Buen estado fitosanitario: Libres de infecciones fúngicas (enfermedades del marchitamiento vascular, pudrición de la raíz, síntomas de muerte regresiva, etc.) e infestaciones severas de insectos (xilófagos, perforadores de madera, comedores de follaje, etc.)

- Edad juvenil, mediana edad y adultos con buena vigorosidad, tienen una mayor capacidad de adaptación que los árboles viejos y decaídos, respecto los impactos generados en la construcción.
- Árboles que no tengan una alta probabilidad de caída que puedan causar problemas de seguridad a las personas y bienes.
- Agrupaciones de árboles y otras especies vegetales, que brindan de manera conjunta una diversidad de beneficios ecosistémicos (sombra, corredor biológico de vida silvestre, alta capacidad termorreguladora, etc.).
- Sistema radicular de árboles en suelos con textura gruesa (arenosos) son menos susceptibles a los daños por compactación, frente a arboles emplazados en suelos arcillosos, bajos en materia orgánica y húmedos.

Además, se deberá tener en cuenta el cumplimiento estricto de las ordenanzas o normativas vigentes respecto las áreas verdes en Lima Metropolitana.

3.5.2 Fase de diseño

La fase de diseño del proyecto se determina la ubicación, las dimensiones y las características de la infraestructura proyectada, considerando la información levantada en los inventarios de áreas verdes e información geográfica (GPS y/o el SIG). En esta etapa, el arboricultor o especialista en áreas verdes puede recomendar modificaciones en el diseño del proyecto, con la finalidad de conservar la mayor cantidad de especies vegetales y minimizar el impacto de los trabajos proyectados en ellas (Fite y Smiley, 2016).

- **Elaboración del “Plan de Conservación de las Áreas Verdes”**

El Plan de Conservación de las Áreas Verdes integra la información recopilada en los inventarios de especies vegetales, planos de ubicación, análisis de suelo, etc.; con las características del proyecto. La función del referido plan es determinar las especies vegetales a conservar y proteger, trasplantar, eliminar y brindar las medidas de mitigación de posibles daños por la obra; asimismo, permite adaptar el diseño constructivo respetando la vegetación urbana (Elmendorf et al, 2022).

La elaboración del “Plan de Conservación de las Áreas Verdes” es realizado por un arboricultor o especialista en áreas verdes, el cual debe brindar los lineamientos técnicos para la preservación de especies vegetales en todas las etapas de la obra. Además, la participación integral de todo el equipo en dicho plan es importante, con el fin de adaptarlo

a la realidad de la obra e identificar de manera conjunta las posibles problemas y soluciones al caso; con un mayor compromiso de cumplimiento (Bardon et al, 2019; Fite y Smiley, 2016).

Según Fite y Smiley (2016) dicho informe considera lo siguiente:

- Medidas de protección: Técnicas adecuadas, recomendaciones, prohibiciones y cuidados.
- Planos de las ubicaciones actuales georreferenciadas.
- Lista de especies vegetales aptas y no aptas para conservar. En el caso del arbolado se propone los procedimientos arbóreos recomendados (poda, traslado, tala, etc.); así como, la propuesta del nuevo lugar de ubicación (en el caso de traslado).
- Ubicaciones y especificaciones del tamaño de las Zonas de Protección Arborea – ZPA (cálculo de las distancias de protección de los árboles respecto la ubicación de la obra).
- Controles de compactación del suelo.
- Análisis de riesgo en caso de árboles con problemas de seguridad.
- Consecuencias del incumplimiento de las medidas de conservación y protección.

- **Gestiones municipales**

Para obtener la viabilidad de la ejecución de la obra en las áreas verdes públicas, el especialista debe gestionar la opinión técnica de la Subgerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad Metropolitana de Lima. En caso que la obra tenga opinión favorable y se reporte la necesidad de la ejecución de traslados, podas severas y talas de árboles; se debe tramitar las autorizaciones de los respectivos procedimientos arbóreos con la misma entidad. De conformidad con los lineamientos descritos en la Ordenanza N° 1852-2014-MML.

Luego de realizar dichas gestiones, el especialista en áreas verdes debe presentar un cronograma actualizado de ejecución de obra y efectuar una constante comunicación con el personal técnico en áreas verdes de la MML y municipalidad distrital; con el fin que supervisen el cumplimiento del Plan de Conservación de las Áreas Verdes.

- **Capacitación del personal sobre la protección y conservación de las áreas verdes**

En esta etapa, es necesario realizar la capacitación del personal involucrado en el proyecto, con el fin de generar conciencia ambiental sobre la importancia del plan de protección de las áreas verdes y las posibles sanciones en caso de incumplimiento (**Ver Anexo 4**) (Fite y Smiley, 2016).

3.5.3 Fase de pre-construcción

La fase de pre-construcción es la etapa intermedia entre la planificación y el inicio de la construcción del proyecto. En esta fase se realizan las siguientes actividades:

- **Liberación de la zona de intervención de la obra**

Esta fase es el momento idóneo para la ejecución de los procedimientos arbóreos autorizados (traslado, tala y/o poda severa) por un especialista calificado (Bardon et al, 2019; Fite y Smiley, 2016). También, se debe realizar el retiro de la cubierta vegetal, macizos de plantas ornamentales y todo tipo especies vegetales, con el fin de conservarlos en buen estado de conservación frente a las actividades constructivas de la obra.

La vegetación retirada, se recomienda ser trasladada a un vivero y asignar un encargado especializado, con el fin de brindarles las condiciones adecuadas para el buen desarrollo y mantenimiento hasta su posterior emplazamiento (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Cataluña, 2000).

- **Establecimiento de la Zona de Protección**

La zona de protección es un área alrededor de las especies vegetales y suelo, que no serán alterados por ningún tipo de actividad de la obra. Generalmente las zonas de protección priorizan el cuidado de los árboles (Figura N° 44), debido a que estos presentan una estructura vegetal de grandes dimensiones, la cual se encuentra susceptible a una considerable afectación por los trabajos de construcción (Ayuntamiento de Sevilla, 2019; Bardon et al, 2019; Elmendorf et al, 2022; Polo, 2022; Tønning, 2018).

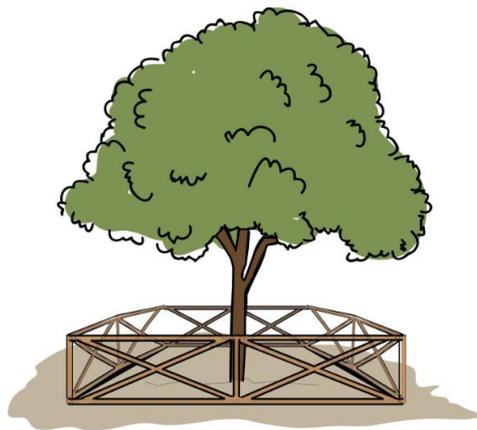


Figura N° 44. Establecimiento de una Zona de Protección Arborea con barreras de madera (Fuente: Polo, 2022).

Para proteger las áreas verdes situadas en la zona de protección, se debe realizar:

a) Codificación:

La asignación de un código sirve para diferenciar a la vegetación existente clasificándola como aptas y no aptas para la conservación; asimismo, identificar que especies se ejecutarán los procedimientos recomendados (traslado, tala y poda) por el especialista (Ayuntamiento de Sevilla, 2019).

b) Cercado de la Zona de Protección:

Según Ayuntamiento de Sevilla (2019), Fite y Smiley (2016) y Polo (2022) indican algunas consideraciones a tener en cuenta para la instalación de Zona de Protección:

- La instalación de las barreras alrededor de la Zona de Protección de la vegetación y el suelo, es efectiva solo si realiza antes de comenzar la obra.
- En el caso del arbolado, es muy importante calcular y ubicar las distancias mínimas para la Zona de Protección Arbórea – ZPA, con la finalidad de conservar en buen estado el sistema radicular arbóreo.
- No se debe invadir la Zona Crítica Radicular – ZCR, dado a que aumenta el riesgo de caída por el daño a las raíces de anclaje y no es compatible con la permanencia del arbolado.
- La protección colectiva de varias especies vegetales es más eficiente que la individual (Figura N° 45), dado a que comparte una mayor cantidad de raíces de diferentes tipos de plantas y suelo en una sola área; el cual contribuye a ser una técnica sostenible con el paisaje.
- El cercado debe utilizar materiales resistentes con una altura recomendable de 1.80 m.

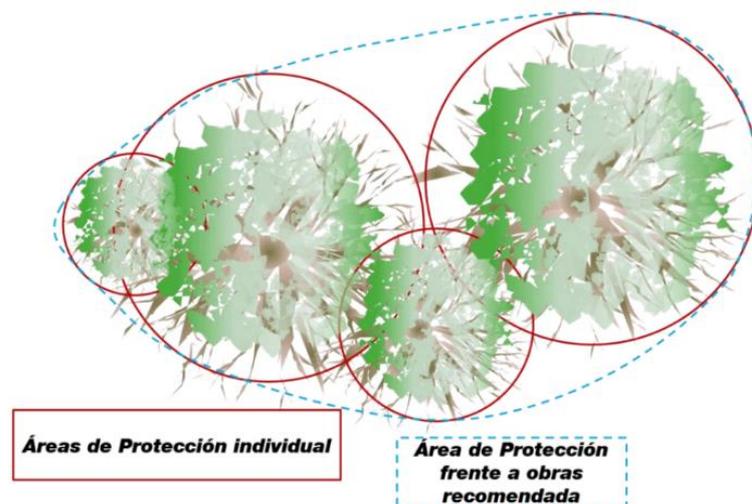


Figura N° 45. Diferencia entre un área de protección integral de varias especies respecto a varias áreas de protección individual (Fuente: Ayuntamiento de Sevilla, 2019).

- **Casos excepcionales:**

- 1. Protección a la estructura radicular de la ZPA frente a las actividades de carga**

Según Benito y Palermo (2021), Fite y Smiley (2016) y Polo (2022) indican que solo cuando las actividades de construcción no puedan mantenerse fuera de la ZPA, se pueden tomar medidas para dispersar la carga sobre la estructura radicular arbórea y suelo, los cuales se muestran en la Tabla N° 13:

Tabla N° 13. Medidas de dispersión de la carga sobre la Zona de Protección Arborea – ZPA.

Medidas de dispersión de la carga sobre la ZPA	Función
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de 15 a 30 cm de mulch (chips de madera) (Figura N° 46). • Colocación de una placa de madera (grosor mínimo de 2 cm) o contrachapado, sobre una capa de mayor de 10 cm de mulch (chips de madera). • Aplicación de 10 a 15 cm de grava sobre una tela geotextil o parihuela de madera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar la compactación del suelo y la afectación al sistema radicular arbóreo, provocado por el peso de la maquinaria pesada, vehículos de transporte, tránsito de personal, etc.
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de rampas o puentes (Figura N° 47) 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el apisonamiento de la maquinaria pesada o materiales permanentes sobre la estructura radicular arbórea. • Es recomendable para árboles viejos y especies susceptibles al daño por compactación.

Nota: Adaptado de *El árbol en la ciudad. Manual de Arboricultura Urbana* (p.114), Benito y Palermo, 2021; *Managing trees during construction. Companion publication to the ANSI A300 Part. 5: Tree, Shrub, and other Woody Plant Maintenance – Standard Practices* (p. 7), Fite y Smiley, 2016 y *Manual Técnico de Arbolado Urbano - Protección en obras civiles* (pp. 8-9), Polo, 2022.

Según Palacios (2022) menciona que se puede reemplazar el uso de chips de madera por un tapete de mantillo de fibra de coco (Envelor Coco).

Fite y Smiley (2016) señalan que, una vez culminados los trabajos de construcción, los referidos materiales se deberán retirar de la ZPA de forma manual y con los cuidados oportunos.

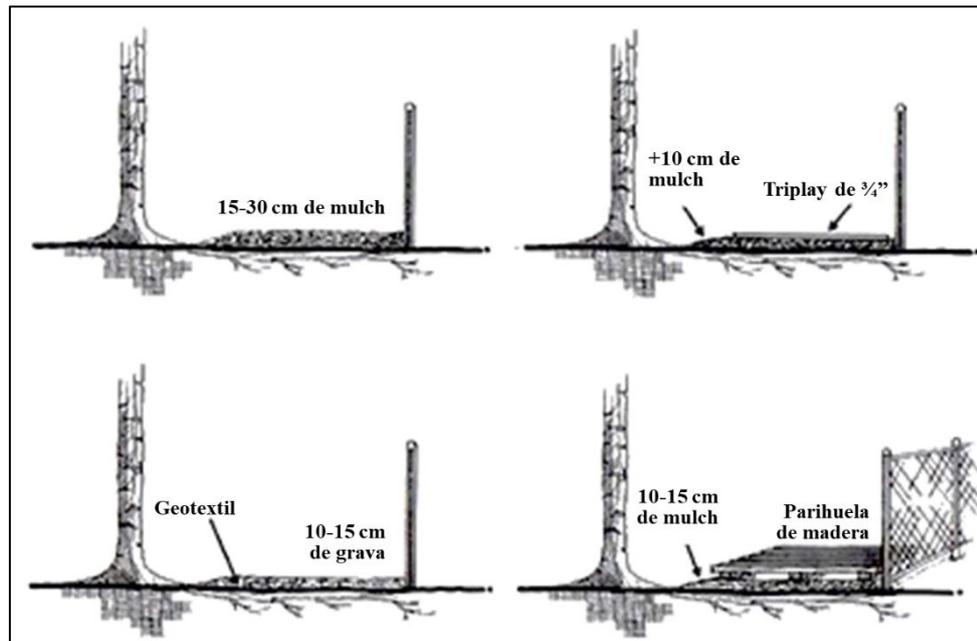


Figura N° 46. Opciones de protección de suelos y raíces dentro de la ZPA (Fuente: Fite y Smiley, 2016).



Figura N° 47. Uso de rampa o puente elevado sobre la estructura radicular de un árbol con una estructura radicular y aérea muy desarrollada (Fuente: Benito y Palermo, 2021).

2. Protección a la estructura aérea arbórea

La prevención de daños mecánicos en las ramas, follaje y tronco se debe realizar antes del desarrollo de la obra, debido a las posibles interferencias de la maniobra de la obra (maquinarias, vehículos, etc.) con los mismos (Polo, 2022).

Según Fite y Smiley (2016) y Polo (2022) algunas alternativas de prevención de daños mecánicos en la estructura vegetal aérea (Figura N° 48), los cuales son:

- Amarrar algunas ramas con cintas o telas anchas y holgadas, evitando el uso de materiales delgados (cables metálicos) que generan lesiones en la estructura vegetal por una fuerte presión
- Realizar podas selectivas en algunas ramas que generan interferencia con las actividades de la obra, mediante personal especializado.
- Construcción de barreras de madera o contrachapado alrededor de la copa arbórea que arrume las ramas para que regrese a su estado inicial hasta el término de la obra.
- Envolver el tronco y ramas principales con una capa de esponjas y yute, posteriormente una capa de vigas de madera (entablillado) sujetas con alambre; para evitar daños por descortezamiento en el tronco.
- Restringir las áreas de circulación de maquinaria y vehículos en las proximidades de las especies vegetales a conservar.

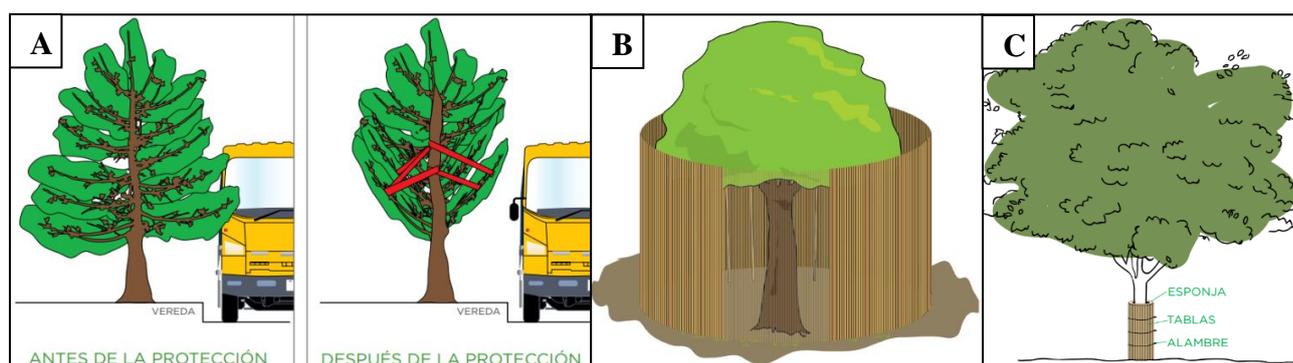


Figura N° 48. Medidas de protección a la estructura aérea arbórea frente la posible afectación por la circulación de vehículos, maquinaria pesada, etc. (A) Atado de ramas con cintas o telas anchas y holgadas para evitar roturas de ramas (B) Construcción de barreras de madera o contrachapado alrededor de la copa arbórea para prevenir daños mecánicos (C) Entablillado del tronco arbóreo para prevenir daños por descortezamiento (Fuente: Polo, 2022).

- **Señalización de la Zona de Protección:**

La señalización de las zonas de protección se realiza mediante letreros, el cual indica de manera clara su propósito, prohíbe el ingreso o perturbación del área sin autorización y el contacto del encargado; con el propósito de prevenir posibles afectaciones en los componentes de las áreas verdes, principalmente en el arbolado y el suelo (Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022).

- **Delimitación y señalización de las rutas de acceso**

La delimitación y señalización de los caminos exclusivos para la circulación de la maquinaria, el transporte de materiales y el tránsito del personal operario es importante para definir las rutas de acceso a diversas zonas autorizadas y evitar daños a la vegetación próxima (Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022).

- **Reforzamiento de la capacitación del cuidado de las áreas verdes**

La retroalimentación es una actividad necesaria para la comprensión de todos los responsables del proyecto, respecto las buenas prácticas para la conservación de la vegetación en el proceso constructivo y las sanciones correspondientes si no logran cumplir (Fite y Smiley, 2016).

3.5.4 Fase de construcción

La fase de construcción es la etapa de la obra donde ejecuta la mayoría de los trabajos civiles del proyecto. Esta etapa inicia con el desarrollo de excavaciones en el suelo y termina cuando culmina las actividades constructivas. La participación de un especialista calificado en áreas verdes y arbolado es fundamental para supervisar y asegurar el cumplimiento de los correctos procedimientos en la conservación y protección vegetal (Fite y Smiley, 2016).

Para un control de las actividades del Plan de Protección y Conservación de las áreas verdes en la ejecución de la obra, se recomienda usar la ficha del **Anexo N° 05** (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Cataluña, 2000).

- **Actividades durante la ejecución de una obra**

- I. Ejecución de zanjas**

Las excavaciones en el subsuelo sin cuidados oportunos generalmente tienen un impacto negativo en la estructura radicular arbórea próxima; sin embargo, Fite y Smiley (2016) indican algunas alternativas de excavación con una menor afectación en las raíces del árbol; las cuales deben ir acompañadas con buenas prácticas de poda radicular.

I.1. Alternativas de excavación con mínimo impacto en las raíces arbóreas:

a) Excavaciones manuales

Las excavaciones manuales seguidas de “podas selectivas de raíces” permiten realizar una mejor distinción del tipo de raíz arbórea (nutrición y anclaje) y brindar los cuidados oportunos; por lo tanto, se minimiza el grado de afectación en el sistema radicular arbóreo (Fite y Smiley, 2016).

b) Uso de máquinas tuneladoras subterráneas

El uso de máquinas tuneladoras subterráneas es una alternativa para instalar tuberías y a la misma vez reducir el daño a las raíces que las excavaciones manuales (Figura N° 49); solo si se respetan las distancias recomendadas en el arbolado mediante la Tabla 13 y la Figura 50 (Benito y Palermo, 2021; Fite y Smiley, 2016).

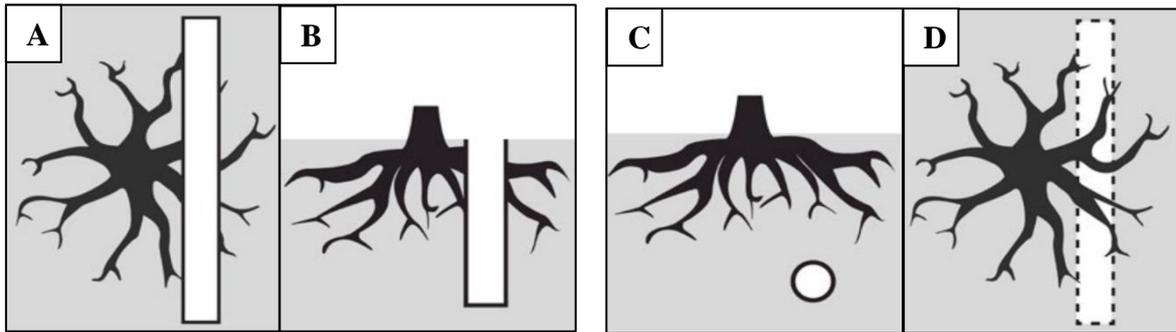


Figura N° 49. Diferencia entre la ejecución de zanjas por método manual y uso de máquina tuneladora subterránea en el impacto del sistema radicular arbóreo (A y B) Vista frontal y lateral de la ejecución de una zanja por el método manual, el cual necesita de una poda de raíces selectiva (C y D) Vista frontal y lateral de la ejecución de túneles subterráneos debajo del sistema radicular, el cual conserva la mayoría de las raíces en casi las mismas condiciones iniciales porque minimiza el uso de podas radiculares (Fuente: Benito y Palermo, 2021).

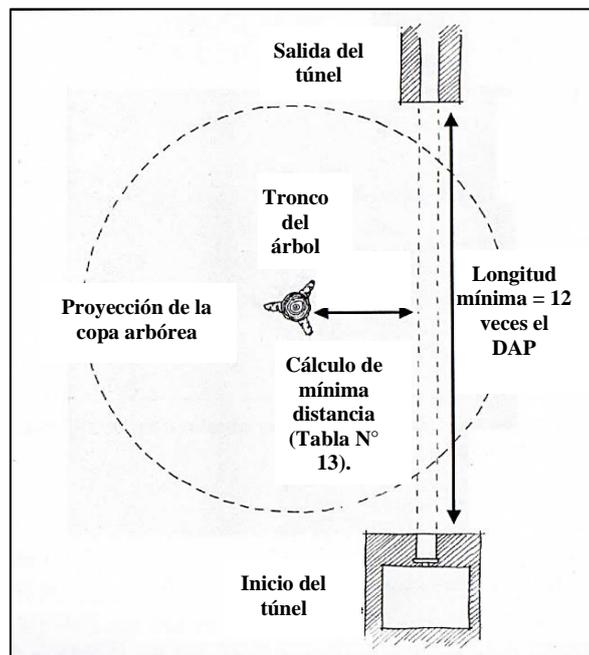


Figura N° 50. Criterios para la ejecución de túneles subterráneos debajo del sistema radicular arbóreo (Fuente: Fite y Smiley, 2016).

Tabla N° 13. Requisitos de distancia mínima para ejecutar túneles subterráneos en las proximidades de la estructura arbórea a una profundidad de 0,6 m a 1 m (Fuente: Fite y Smiley, 2016).

Diámetro del árbol (DAP) cm	Distancia mínima desde la base del tronco metros	Longitud mínima del túnel subterráneo (medido desde el punto medio del tronco) metros
5	0.3	0.6
7.5	0.6	0.9
12.5	1.5	1.5
25	3	3
38	3.7	4.6
50	4.6	6

c) Uso de Pala de Aire

El uso de la “Pala de Aire” (Figura N° 51) para ejecutar zanjas subterráneas de manera aérea, es el método más eficiente debido a que no genera golpes a las raíces y tiene un menor impacto subterráneo (impulsado por compresores de aire). Además, el uso de dicha tecnología es avalado por Sociedad Internacional de Arboricultura - ISA, Tree Care Industry Association - TCIA y Utility Contractors Association of New England - UCANE (AirSpade, 2021).



Figura N° 51. Ejecución de Zanjas subterráneas mediante tecnología de excavación aérea o sin contacto, llamada “Pala de Aire” (Fuente: AirSpade, 2021).

I.2. Criterios para la ejecución de podas radiculares:

- Los cortes de la poda deben brindar una superficie limpia y plana en la raíz (Fite y Smiley, 2016).
- Desinfectar las herramientas de poda con el propósito de prevenir la infección y transmisión de enfermedades por hongos, bacterias, virus, etc. (Alfaro, 2020). Se recomienda el uso de hipoclorito de sodio (5% - 10%) o alcohol 70°, debido a que dichos químicos tienen una buena eficiencia en la desinfección de patógenos (Dávila, 2023; Quiroz; 2023; Gonzales; 2023; Capristan; 2023).
- Las herramientas recomendadas para la poda radicular son las tijeras de podar, las sierras manuales y las motosierras pequeñas (Fite y Smiley, 2016).
- Considerar los diámetros de las raíces arbóreas en el momento de las podas radiculares (Ver Tabla N° 14).

Tabla N° 14. Procedimientos recomendados según los diámetros de las raíces arbóreas

Diámetro	Zona arbórea	Procedimiento recomendado
	Fuera de la ZPA	Poda radicular con criterios técnicos.
Raíces con diámetro $X \leq 3$ cm	Dentro de la ZPA	No realizar podas radiculares, debido a que el proyecto no debe invadir la ZPA. *Solo en casos excepcionales es recomendable el uso de métodos de excavación no invasivos (túneles subterráneos, palas de aire, hidroexcavadora, etc.)
Raíces con diámetros $X > 5$ cm	Fuera de la ZPA	Evaluación de las raíces de anclaje por un especialista calificado debido que a la poda radicular puede afectar la salud, el vigor y la estabilidad del árbol.
Raíces con diámetros $X > 10$ cm	Fuera de la ZPA	Estrictamente no deben ser podadas y se deben proteger contra la deshidratación con un vendaje de yute o con una manta orgánica, hasta que vuelvan a ser cubiertas por el sustrato.

Nota: Adaptado de *Manual Técnico de Arbolado Urbano - Protección en obras civiles* (pp. 9-11), Polo, 2022 y *Directrices para la protección del arbolado frente a obras* (pp.12-13), Ayuntamiento de Sevilla, 2019.

- Evitar las podas radiculares próximas a los árboles (distancia $X \leq 1 - 1.5$ veces el DAP desde el tronco), dado a que pueden afectar la estabilidad, el estado fitosanitario y supervivencia de la mayoría de especies arbóreas. En caso de no ser factible considerar dichas distancias en el diseño de la obra, se recomienda el procedimiento de traslado arbóreo (Fite y Smiley, 2016).
- El uso de pastas cicatrizantes no tiene efectos considerables en evitar el ataque fitosanitario y ni mucho menos aumentar la velocidad de compartimentalización de heridas (Gilman y Black, 2020; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2014); sin embargo, puede ayudar a minimizar la infección por patógenos, solo si se aplica una capa ligera inmediatamente después del corte (Fite y Smiley, 2016).
- El mantenimiento (riego, aplicación de bioestimulantes, etc.) es fundamental para minimizar el estrés por la poda en la estructura radicular arbórea (Ayuntamiento de Sevilla, 2019; Polo, 2022).

II. Cambios de cota del suelo

Las actividades de nivelación del suelo en un proyecto constructivo en algunos casos generan cambios en el nivel o cota del suelo, situación que afecta a las especies vegetales próximas, debido a que generan problemas de asfixia radicular (aumento de cota del suelo) y/o la eliminación de raíces (disminución de cota del suelo) (Ayuntamiento de Sevilla, 2019).

No obstante, hay casos excepcionales que el diseño de un proyecto requiere inevitablemente dichos cambios; por lo tanto, Dennis y Jacobi (2022) y Fite y Smiley (2016) brindan algunas alternativas para minimizar el impacto del cambio de cota del suelo sobre el sistema radicular vegetal próximo:

- Se recomienda construir un muro de contención o jardinera alrededor del árbol con el fin de mantener la pendiente inicial del suelo (Figura N° 52).
- La zona a proteger debe respetar los cálculos de la distancia de la ZPA o la línea del goteo, con el fin de minimizar el impacto dicha práctica en el sistema radicular arbóreo.

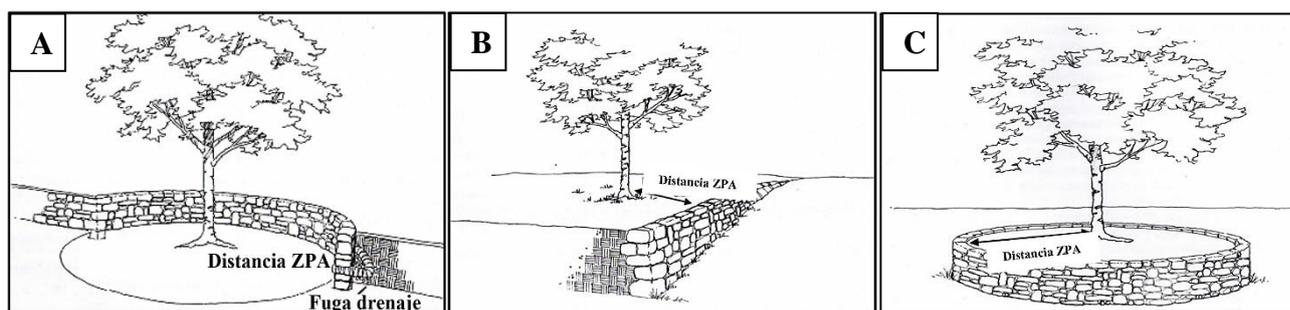


Figura N° 52. Alternativas para minimizar el impacto del cambio de cota del suelo sobre el sistema radicular arbóreo. (A) Muro de contención que protege a un extremo de la estructura radicular arbórea en caso de aumento de cota del suelo. (B) Muro de contención que protege a un extremo de la estructura radicular arbórea en caso de disminución de cota del suelo. (C) Construcción de una jardinera circular alrededor de un árbol por problemas de disminución de cota del suelo (Fuente: Fite y Smiley, 2016).

3.5.5 Fase post-construcción

En esta fase inicia cuando todas las actividades constructivas han terminado y se realizan los últimos ajustes previos a la entrega final de la obra. La participación inicial de un especialista en arbolado y áreas verdes a la altura de esta etapa, generalmente termina en fracaso y limita las opciones de supervivencia del arbolado y especies vegetales (Fite y Smiley, 2016).

Según Ayuntamiento de Sevilla (2019), Sociedad Internacional de Arboricultura (2022) y Fite y Smiley (2016) señalan que las actividades a realizar en esta fase son:

- Retiro del cercado de la Zona de Protección Arborea – ZPA y agrupaciones de diversas especies vegetales que han sido destinadas a la protección. En caso del suelo, se deberá retirar geotextiles, gravas, rampas, parihuelas, etc.
- Monitoreo final de todos los componentes del área verde al término de la ejecución del proyecto (existencia de daños, estado fitosanitario, análisis de riesgo del arbolado, necesidades de mantenimiento, etc.).
- Aplicación de medidas de mitigación para reducir la afectación de las áreas verdes, según los resultados del monitoreo final.
- Compensación (óptimos estándares de calidad).
- Culminación de labores de paisajismo.
- Elaboración de una programación de mantenimiento del área verde posterior a la obra (manejo de plagas, podas, riego, etc.).

Medidas de mitigación de la afectación de las áreas verdes al término de una obra

- Podas de árboles con ramas rotas o fracturadas, para evitar la caída intempestiva de las mismas sobre las personas o bienes (Fite y Smiley, 2016; Ayuntamiento de Sevilla, 2019).
- Realizar un riego a las especies vegetales protegidas para que puedan recuperarse del estrés causado por el desarrollo de la obra, con una penetración máxima de 30 cm de humedad en el perfil del suelo (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).
- Lavado de follaje de árboles, palmeras y arbustos por acumulación de polvo en hojas, debido a que este problema limita el proceso fotosintético en las especies vegetales (Figura N° 53) (Ayuntamiento de Sevilla, 2019; Polo, 2022).
- Para minimizar los problemas de compactación del suelo (falta de intercambio gaseoso y drenaje) y estimular el crecimiento de raíces arbóreas, se recomienda el uso del método mulching vertical (Figura N° 54). Dicho método consiste en perforar hoyos (5 a 10 cm de diámetro y 30 a 40 cm profundidad) y rellenarlos con materiales porosos (musgo, chips de madera, arena, compost, humus, etc.) alrededor de la proyección de la copa desde 1 m del tronco arbóreo (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).
- Agregar microorganismos benéficos para prevenir enfermedades radiculares y minimizar el impacto de la intervención de la obra en el sistema radicular y el suelo. La aplicación de enmiendas orgánicas a nivel radicular de los individuos arbóreos, promueven el incremento de la fauna microbiota en suelos urbanos, mejorando su calidad y estimulando el desarrollo de raíces finas en el arbolado (Morales et al., 2020).
- Aplicar una capa de mulch orgánico (chips de madera, corteza o hojas de pino, etc.) sobre el sistema radicular del arbolado para favorecer el crecimiento de raíces, mantener la humedad del suelo y reducir la invasión de plantas malezas (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

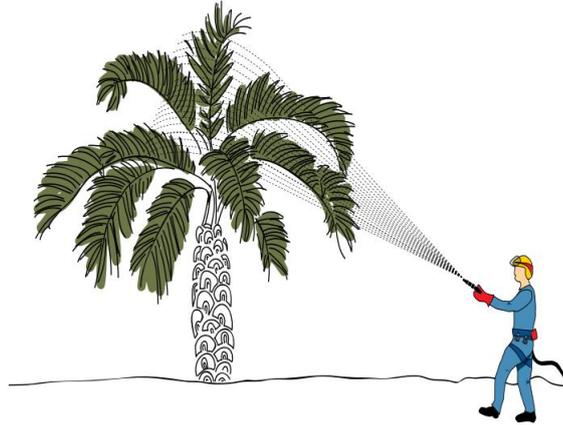


Figura N° 53. Lavado de follaje por acumulación de polvo después de una obra (Fuente: Polo, 2022).

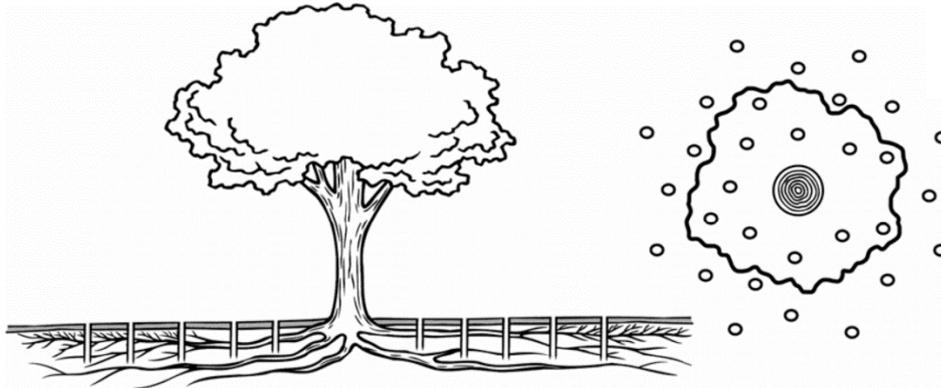


Figura N° 54. Método del mulching vertical, el cual consiste en realizar hoyos alrededor de la proyección de la copa del árbol desde 1 m del tronco arbóreo y rellenarlos con materia orgánica o diversos materiales porosos, con el fin de mejorar la aeración del suelo y permitir el desarrollo de las raíces; minimizando los problemas de compactación después de la obra (Fuente: Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

Recomendaciones finales

Para certificar la efectividad del cumplimiento de las medidas brindadas en el “Plan de protección y conservación de las áreas verdes” en la etapa final la obra, se recomienda usar la ficha del **Anexo N° 06** (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Cataluña, 2000).

3.6. SUPERVISIÓN DE UN ÁREA VERDE PÚBLICA FRENTE LA EJECUCIÓN DE OBRAS EN LIMA METROPOLITANA

La supervisión de las áreas verdes públicas frente la ejecución de un proyecto constructivo, son acciones de inspección in situ y análisis del estado de conservación de los componentes del área verde (vegetación urbana, suelo, subsuelo, infraestructura recreativa, etc.) en cualquier etapa de la obra.

Este tipo de labor es realizada por personal especializado de la Subgerencia de Gestión Ambiental de la MML, principalmente en la etapa de planificación y diseño de una obra, con la finalidad de determinar la viabilidad del proyecto y brindar la opinión técnica antes de la ejecución de la obra.

Posteriormente a ello, la SGA – MML puede realizar inspecciones inopinadas en la ejecución del proyecto constructivo sobre los espacios verdes para verificar el cumplimiento del Plan de conservación de las áreas verdes y asegurar el cumplimiento de las recomendaciones brindadas por la MML para la protección de la vegetación urbana, en el marco de lo establecido en la Ordenanza N° 1852-2014-MML.

3.6.1 Supervisión de las áreas verdes públicas en atención a la solicitud de opinión técnica

Las supervisiones iniciales del área verde pública antes de la ejecución de la obra, consiste en lo siguiente:

- Reunión con el equipo técnico de la empresa o encargados del desarrollo de la obra con personal especializado en áreas verdes de la Subgerencia de Gestión Ambiental – MML en la zona de intervención del posible proyecto.
- Realizar un recorrido de la proyección de todos los trabajos en el área verde, según lo señalado en los planos del proyecto y lo declarado por el equipo técnico de la empresa.
- Determinar y evaluar la distancia de las líneas proyectadas (obra) respecto el arbolado situado en el área verde a intervenir por el proyecto.
- Analizar las dimensiones del proyecto (ancho de zanja o especificaciones del trabajo constructivo) y su posible impacto en la vegetación urbana.

- Hacer un panel fotográfico a detalle del estado de conservación inicial de todos los componentes del área verde, especificando la fecha, hora, lugar, puntos de información geográfica (UTM), etc. y la zona de intervención de los trabajos.
- Es recomendable realizar un acta de término de supervisión con la firma de los participantes.

De lo evidenciado en campo y el análisis de la documentación (memoria descriptiva, medidas de protección de las áreas verdes, planos, compromisos, etc.), se brinda la opinión técnica de la obra proyectada sobre las áreas verdes públicas, la cual es emitida por medio de un informe técnico y puede ser favorable (viable) o no favorable (no viable).

En caso de que el proyecto obtenga la opinión técnica favorable de la SGA-MML (viabilidad de la obra), el referido informe técnico brinda las recomendaciones a seguir por las empresas o encargados del proyecto respecto el cuidado, conservación y protección de los componentes de las áreas verdes públicas frente la ejecución de la obra. Asimismo, el proyecto prosigue su trámite administrativo en la Subgerencia de Autorizaciones Urbanas – MML, la cual es la encargada de expedir la Autorización de ejecución de obras.

En caso que personal de la SGA-MML determine que el proyecto no es viable debido a que es un riesgo para la supervivencia de la vegetación urbana (**Ver Ítem 4.3.7.**) procede a la emisión de un informe técnico donde se brinda opinión técnica negativa a la obra. Además, el referido informe recomienda a las empresas modificar las líneas proyectadas en el plano, con la finalidad de minimizar el impacto de la obra en las áreas verdes públicas.

3.6.2 Supervisión inopinada del área verde pública durante la ejecución y post-ejecución de una obra

Según la Ordenanza N° 1852-2014-MML, en el artículo 21° señala que la Gerencia del Ambiente – MML puede realizar supervisiones inopinadas para verificar el cumplimiento de los lineamientos de protección y manejo de áreas verdes y arbolado.

Para realizar una inspección inopinada del área verde pública durante la ejecución y post-ejecución de una obra, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Revisar el cronograma actualizado de la obra y el calendario o plazo de la Autorización de ejecución de obras emitida por la Subgerencia de Autorizaciones Urbanas SAU-MML.
- Planificar una fecha y personal especializado de la SGA-MML para la inspección inopinada de la obra, sin aviso previo a la empresa.

Es recomendable que la SGA – MML realice dicha salida de manera articulada con otras subgerencias metropolitanas involucradas (Subgerencia de Autorizaciones Urbanas y Subgerencia de Operaciones en Fiscalización) y municipalidades distritales (Área encargada de las áreas verdes); para lograr una mayor efectividad en el rol de fiscalización ambiental.

- Detectar la afectación en todos los componentes del área verde pública, causada por la ejecución de malas prácticas de la obra.
- Describir y apuntar en una libreta todos los daños, defectos y síntomas observados en la vegetación urbana (arbolado, plantas de porte mediano y bajo, cubresuelo, etc.) y la estructura del suelo ocasionados por malas prácticas en las áreas verdes (**Ver Ítem 3.6**). Se recomienda el uso de las metodologías de afectación de las áreas verdes por la ejecución de obras propuestas en el presente trabajo (**Ver Ítem 4.4**).
- Considerar que los daños generados por la ejecución de la obra pueden afectar la integridad estructural y la estabilidad del arbolado; por lo tanto, es necesario evaluar los riesgos potenciales para brindar las medidas de seguridad (Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).
- Realizar un panel fotográfico a detalle de todo lo evidenciado en la salida de campo.
- Reportar mediante evidencias (fotos, videos, etc.) las infracciones reguladas en el numeral 7.4 - Áreas verdes y arbolado urbano de la Ordenanza N° 2200 “Ordenanza que aprueba el Régimen de Aplicación de Sanciones Administrativas y el Cuadro de Infracciones y Sanciones Administrativas de la Municipalidad Metropolitana de Lima” (**Ver Anexo 04**).
- Verificar a detalle el cumplimiento del Plan de protección de las áreas verdes y recomendaciones brindadas por la SGA-MML en el informe técnico de opinión técnica. También se recomienda el uso de las fichas de supervisión (**Ver Anexo 05 y 06**), para tener un mejor control de la implementación de las medidas de protección durante y después de la obra.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CASO PRÁCTICO DE UNA SUPERVISIÓN DE OBRA

En el presente trabajo analizaremos la instalación de servicios básicos de manera subterránea a lo largo de todas las fases de la obra. El referido proyecto está situado a lo largo del separador central de la Av. Caminos del Inca (35 cuadras - 8.64 km), en el distrito de Santiago de Surco.

4.1.1. Fase de Planificación y Diseño

- La empresa solicita la opinión técnica de la Subgerencia de Gestión Ambiental SGA – MML, respecto la posible intervención en las áreas verdes del referido separador central.
- La SGA – MML brindó opinión técnica no favorable al proyecto (método aéreo), debido a que tendrá un impacto negativo en más de 424 árboles por la ejecución de podas semestrales y el tratamiento de traslado para 28 árboles con una baja probabilidad de supervivencia. Por lo tanto, la SGA – MML solicitó a la empresa replantear el diseño del proyecto, optando otras alternativas tecnológicas que minimicen el impacto ambiental en las áreas verdes públicas.
- La empresa solicita la reconsideración de la opinión técnica de la SGA – MML y presenta el replanteo del proyecto (método subterráneo). El plan de conservación de áreas verdes de la empresa indicaba lo siguiente:
 - Solo se realizará el retiro de aproximadamente 1309.50 m² de gras.
 - No se realizará la ejecución de tala de árboles, ni podas semestrales arbóreas.
 - Los trazos del replanteo de la obra han procurado alejarse lo mayor posible del arbolado (extremo del separador) y algunos tramos se ha modificado hacia la pista. La empresa adjunta planos de sustento.
 - Medidas de prevención, mitigación y/o corrección de la afectación radicular del arbolado.
 - Compromisos de cumplimientos de los lineamientos establecidos en la Ordenanza N° 1852-2014-MML.
 - Presentación de una licencia y certificado ambiental.
 - Plan de recuperación y compensación del área verde al término de la obra.

- La SGA - MML evalúa la documentación presentada por la empresa y realiza una supervisión in situ (Figura N° 55) en presencia con el equipo técnico, donde se concluye que el replanteo del proyecto (método subterráneo) no implica el procedimiento de traslado y poda aérea del arbolado. Por lo tanto, la SGA – MML emite la opinión técnica favorable (viabilidad del proyecto), solo si la empresa cumple con los compromisos asumidos y las recomendaciones brindadas para el cuidado y protección de las áreas verdes públicas.



Figura N° 55. Estado de conservación inicial (antes de la obra) de las áreas verdes, situadas en el separador central del distrito de Santiago de Surco. Se observa que el arbolado de la especie *Schinus molle* “Molle serrano”, *Populus nigra* “Álamo”, *Ficus benjamina* “Ficus” y *Eucalyptus globulus* “Eucalipto”; así como el cubresuelo de *Stenotaphrum secundatum* “Gras americano” y macizos ornamentales se encontraban en estado de buen estado de mantenimiento y buen vigor.

- La empresa continua su trámite de autorización de obra con la Subgerencia de Autorizaciones Urbanas – MML, la cual es la encargada de expedir la Resolución de Autorización de obra.

4.1.2. Fase de ejecución de la obra

La SGA – MML realizó una supervisión inopinada a la ejecución del proyecto y evidenció el incumplimiento de la empresa respecto las medidas y compromisos de protección de las áreas verdes. Las malas prácticas observadas fueron las siguientes:

a) Apertura de zanjas dentro de las distancias de protección

En la Figura N° 56 se observa la apertura de una zanja (1.80 m aprox. de ancho y 2.00 m aprox. de profundidad) a lo largo del separador central, la cual se encuentra a una distancia aprox. de 0.80 m de la base del fuste del arbolado. Por lo tanto, el proyecto no consideró las

distancias mínimas para la Zona de Protección Arborea – ZPA, tampoco una adecuada señalización e instalación de barreras de protección de las especies vegetales.



Figura N° 56. Apertura de una zanja (1.80 m aprox. de ancho y 2.00 m aprox. de profundidad) para instalación del servicio eléctrico, situada a una distancia aproximada de 0.80 m de un individuo arbóreo de la especie *Schinus molle* “Molle serrano”, el cual presenta un impacto negativo en el sistema radicular arbóreo. Además, el área verde presenta problemas de pérdida de cobertura vegetal de la especie *Stenotaphrum secundatum* “Gras americano” y la estructura del suelo.

En la referida figura se visualiza un árbol de la especie *Schinus molle* “Molle serrano”, el cual presenta un DAP aprox. de 36 cm; por lo tanto, se calculará la ZCR y ZPA para determinar el grado de afectación del ejemplar arbóreo respecto la ejecución de la zanja próxima.

- **Determinación de la Zona Crítica Radicular – ZCR**
DAP: 36 cm
Radio: $DAP/2 = 18$ cm
Metodología: Mattheck Claus et al (2003), la cual es $Rw = 64 \times R^{0.42}$
 $Rw = 64 \times 18^{0.42}$
 Por lo tanto, el radio de la Zona Crítica Radicular (Rw) = **215 cm**
- **Determinación de la Zona de Protección Arborea – ZPA**
DAP: 36 cm
Metodología: Diámetro del Tronco, según Fite y Smiley (2016) es:
DAP x Factor de multiplicación (Ver Tabla N° 9) = Radio ZPA

El referido individuo arbóreo se encuentra en edad adulta y según el **Anexo N° 01** tiene una tolerancia moderada - baja a la pérdida de raíces por actividades constructivas; de tal forma que corresponde asignarle un factor de multiplicación de 12.

36 cm x 12 = 432 cm

Por lo tanto, el Radio de la Zona de Protección Arborea es ZPA es 432 cm

Dichos cálculos cumplen el criterio de Fite y Smiley (2016) los cuales señalan que la **ZPA > ZCR = 432 cm > 215 cm**.

En ese sentido, la distancia de la excavación debió estar a una distancia mínima (ZPA) de 4.32 m de la base del tronco del árbol de la especie *Schinus molle* “Molle serrano”. Además, dicho individuo arbóreo presenta un daño mayor al 40% de las raíces situadas en la ZCR; por lo tanto, dicha afectación conlleva a un alto riesgo de caída tal como señala Benito y Palermo (2021).

b) Inadecuadas podas radiculares

En la Figura N° 57, podemos apreciar la ejecución de una inadecuada poda radicular, debido a la falta de desinfección y carencia de uso de herramientas apropiadas (tijeras de podas, sierras manuales, etc.) para evitar daños en las raíces (cortes no limpios, desgarros, infecciones fitopatológicas) como lo indica Fite y Smiley (2016). Además, se observa el uso de cinta de seguridad para envolver raíces de anclaje, no concordando lo recomendado por el Ayuntamiento de Sevilla (2019) y Polo (2022), debido a que este tipo de raíces deben protegerse con yute o con una manta orgánica que aporte una óptima humedad.



Figura N° 57. Ejecución de inadecuadas podas radiculares en las raíces de anclaje de un individuo arbóreo de la especie *Schinus molle* “Molle serrano”, con herramientas inapropiadas (pala y barreta) y sin desinfección, evidenciándose el uso de cintas de seguridad para envoltura de algunas raíces. Dicha práctica tiene un impacto negativo en el estado de conservación (infección por patógenos) y estabilidad del árbol (riesgo de caída).

Las inadecuadas podas generan la propagación de enfermedades fitopatológicas (López y Melero, 2020), como la pudrición de raíces y tronco lo cual aumenta el riesgo de caída del árbol y disminuye la vitalidad vegetal (Ayuntamiento de Sevilla, 2019; Brudi, 2001). Además, el corte de raíces dentro de la ZPA genera una menor fuerza de tracción radicular en suelo frente a fuerzas externas; por lo tanto, causa una reducción de la estabilidad del árbol (Figura N° 58) (Smiley et al., 2014; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

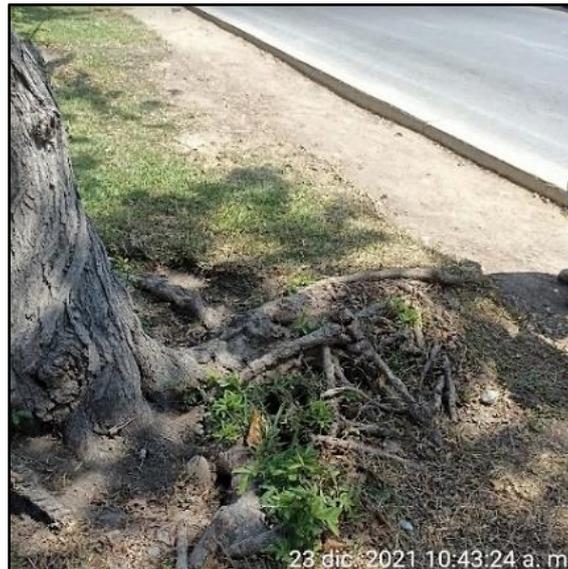


Figura N° 58. Sistema radicular de un árbol de la especie *Schinus terebinthifolius* “Molle costeño” después de 04 meses del cierre de la zanja, el cual se encuentra levantado y desanclado del suelo por la implementación de una severa poda radicular que origino una pérdida de estabilidad arbórea en el extremo izquierdo del árbol.

No obstante, la planta sufre un estrés hídrico por la pérdida de raíces de absorción de agua y nutrientes, originando reducción de la fotosíntesis y transpiración, disminución de reservas de carbohidratos, manifestándose en la planta como síntomas de bajo vigorosidad, disminución del crecimiento de hojas, brotes y tallos, defoliación anticipada y muerte regresiva (Benson et al., 2019a; Benson y Morgenroth, 2019; Fini et al., 2013; Ramirez et al, 2021) tal como lo podemos observar en la Figura 59.



Figura N° 59. Arbolado de la especie *Schinus terebinthifolius* “Molle costeño”, *Ficus benjamina* “Ficus” y *Populus nigra* “Álamo” que fueron intervenidos por una inadecuada poda radicular y falta de riego después de 04 meses del cierre de la zanja; evidenciándose los síntomas severos de estrés hídrico.

c) Uso de maquinaria pesada en las áreas verdes

El uso de maquinaria pesada (retroexcavadora) sobre las áreas verdes del separador central (Figura N° 60) genera problemas de compactación, menor intercambio gaseoso y drenaje en suelo. Dichas condiciones afectan el crecimiento del césped y sistema radicular arbóreo próximo, causando asfixia radicular, síntomas de marchitamiento, bajo vigor y pérdida de cobertura tal como lo indican Benito y Palermo (2021), Sociedad Internacional de Arboricultura (2022) y Vial (2021).

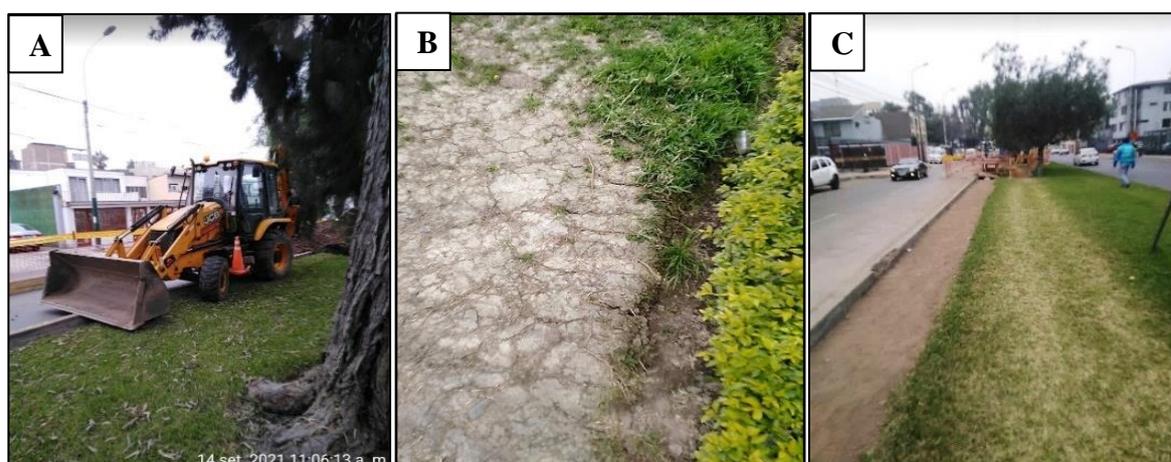


Figura N° 60. Uso de maquinaria pesada en el separador central, el cual genera problemas de compactación en el suelo y de manera indirecta causa principalmente problemas de asfixia radicular en el arbolado y pérdida de cobertura y marchitamiento del cubresuelo de césped.

Metodología de Evaluación visual de la compactación del suelo

En la Figura N° 60 (B) se evidencia que la pérdida de estructura del suelo por falta de macroporos, la superficie del mismo está muy compacto (resistencia a la penetración e infiltración), presenta problemas para el crecimiento del césped (pérdida de cobertura del suelo) y no se evidencia la existencia de fauna biológica (lombrices). Por lo tanto, según Valdivia et al. (2019) dichas condiciones se deben a que el suelo presenta problemas severos de compactación.

d) Acumulación de residuos sólidos provenientes de excavaciones

La acumulación de material de excavación sobre la base del tronco de los árboles (Figura N° 61) ha producido la disminución del vigor del arbolado, debido a que ha causado limitaciones en el intercambio gaseoso del sistema radicular, problemas de compactación, pérdida de drenaje del suelo; lo cual dificulta el crecimiento de las raíces conllevándolas a la muerte en concordancia con lo señalado por Benito y Palermo (2021) y Sociedad Internacional de Arboricultura (2022).



Figura N° 61. Acumulación de residuos provenientes de excavaciones sobre la base del tronco del arbolado y la superficie del suelo.

e) Generación de daños mecánicos

En la Figura N° 62 se observa daños mecánicos (descortezamiento, magullamiento y raspones y desgarros) en la estructura arbórea (tercio medio y basal del tronco, raíces) ocasionados por el uso de maquinaria pesada y/o equipos grandes en la ejecución de la obra y la falta de protección del arbolado.

Metodología de determinación de afectación por descortezamiento

El porcentaje de descortezamiento del fuste de un individuo arbóreo de la especie *Ficus benjamina* “Ficus” (Figura N° 62-A) es igual o mayor al 15% alrededor del tronco; por lo tanto, según los criterios de severidad propuestos por el Gobierno Autónomo Municipal La Paz (2021) el daño es moderado. Por lo tanto, el referido árbol presenta un estrés moderado y su crecimiento y desarrollo se verán afectados por el deterioro del mismo. Dicha situación se debe prevenir antes de la ejecución de una obra, mediante la implementación de zonas de protección arbórea.

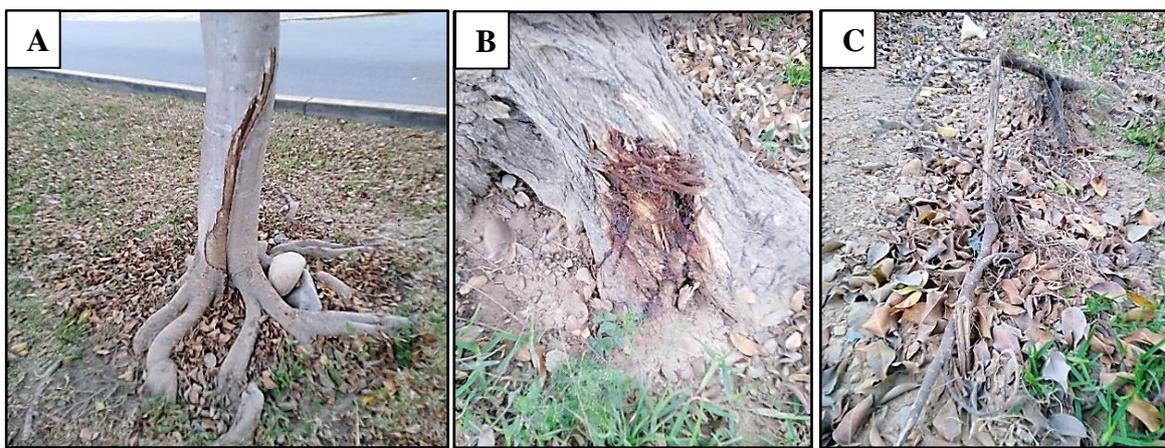


Figura N° 62. Daños mecánicos en la estructura arbórea por la falta de protección del arbolado en la ejecución de obras. (A) Descortezamiento en el tercio medio de un árbol de la especie *Ficus benjamina* “Ficus”. (B) Magullamiento y raspones en la parte basal de un árbol de la especie *Populus nigra* “Álamo”. (C) Desgarro y levantamiento de una parte de la estructura radicular (raíz de anclaje) de un árbol de la especie *Ficus benjamina* “Ficus”.

Los daños mecánicos generan heridas que son fuente de infección de patógenos, pudiendo crear problemas de pudrición radicular; además, las plantas son más vulnerables al ataque fitosanitario por el daño a los tejidos conductores y protectores, el cual reduce el transporte de agua y minerales en las plantas (Fite y Smiley, 2016; Polo, 2022; Sociedad Internacional de Arboricultura, 2022).

Dicha situación genera estrés en las especies vegetales, lo cual disminuye las reservas de energía y compromete a la pérdida del vigor e integridad estructural; acelerando el decaimiento de la estructura arbórea y aumentando el riesgo de caída del arbolado. Además, se debe tener en cuenta que la especie *Populus sp.* “Álamo” (Figura N° 62-B) es propensa a sufrir resquebrajamiento de la madera (consistencia débil), problemas de pudriciones y

formación de canchales por infecciones fúngicas (Benito y Palermo, 2021); por lo cual es más susceptible a la referida afectación de la obra.

Rol de la SGA-MML

La SGA – MML como resultado de lo evidenciado en campo, reportó dichas infracciones cometidas por la empresa mediante un informe técnico y recomendó las medidas de mitigación para corregir y minimizar el daño causado en las especies vegetales afectadas.

Asimismo, la SGA - MML informó a la Subgerencia de Operaciones en Fiscalización – MML para el presunto inicio del proceso administrativo sancionador contra la empresa, generándose una sanción pecuniaria y la adopción de medidas correctivas – reguladas con el código 07-0413 y 07-0409 de la Ordenanza N°2200-2019-MML (**Ver Anexo 4**).

Dichas malas prácticas por parte de la empresa debieron prevenirse y evitarse mediante el correcto cumplimiento del Plan de protección de las áreas verdes frente a la ejecución de obras. Además, la Ordenanza N° 1852-2014-MML necesita tener un reglamento, guías y manuales técnicos donde se brinden los correctos procedimientos y protocolos específicos para la protección de las áreas verdes públicas frente el desarrollo de obras en Lima Metropolitana.

Se recomienda a la Municipalidad Metropolitana de Lima organizar módulos continuos de capacitación hacia las empresas encargadas de las obras, con el fin de brindar los fundamentos técnicos respecto la conservación de las áreas verdes en proyectos constructivos y sensibilizar sobre la afectación de las mismas. Es necesario que la implementación de dichos procedimientos se corrobore mediante una mayor cantidad de supervisiones de la MML y las municipales distritales, para mejorar el rol de fiscalización ambiental.

4.1.3. Post-construcción de la obra (entrega de obra)

La empresa realizó la compensación del cubresuelo de la especie *Stenotaphrum secundatum* “Gras americano” y macizos de plantas ornamentales estacionales y perennes al término de la obra; donde algunas especies no enraizaron bien debido a que algunas zonas se encontraban compactadas (bloques duros), pese a que la empresa había incorporado materia orgánica (Figura N° 63).



Figura N° 63. Compensación final del área verde intervenida, donde se observa macizos con buen vigor y crecimiento, mientras otras incompletos.

Se evidencia en la Figura N° 64 que el arbolado fue el componente más perjudicado, debido a que persisten los síntomas de bajo vigor (especies *Ficus benjamina* “Ficus”, *Populus nigra* “Álamo”, *Eucalyptus globulus* “Eucalipto”, *Schinus terebinthifolius* “Molle costeño”, etc.), defoliación, muerte regresiva de algunas copas arbóreas (especies Álamos), aumento del grado de severidad (exudaciones, pudrición del tronco y raíces, etc.) del ataque preexistente del hongo *Lasiodiplodia sp.* (Figura N° 65), raíces extremadamente cortadas en un extremo (Figura N° 66); situación que aumenta el grado de riesgo de caída arbórea en el transcurso del tiempo tal como señala el Ayuntamiento de Sevilla (2019) y la Sociedad Internacional de Arboricultura (2022).



Figura N° 64. Arbolado de la especie *Ficus benjamina* “Ficus”, *Schinus terebinthifolius* “Molle costeño” y *Populus nigra* “Álamo”, los cuales presentan pérdida de vigorosidad y defoliación prematura.



Figura N° 65. Aumento de síntomas (exudaciones, pudrición del tronco y raíces, etc.) del hongo *Lasiodiplodia sp.* en el arbolado de *Populus nigra* “Álamo” y *Eucalyptus globulus* “Eucalipto”.



Figura N° 66. Sistema radicular cortado y mutilado muy cerca al tronco de algunos árboles de la especie *Ficus benjamina* “Ficus”.

Por lo tanto, el arbolado necesita ser monitoreado constantemente por un especialista debido a la generación de los referidos problemas radiculares, enfermedades fitosanitarias, daños mecánicos y defectos; con el fin de detectar el nivel del riesgo y brindar las medidas de seguridad pertinentes tal como lo indica la Sociedad Internacional de Arboricultura (2022).

V. CONCLUSIONES

- La ejecución de obras en áreas verdes públicas de Lima Metropolitana, que carecen o incumplen las medidas apropiadas para la protección de las mismas, afecta el estado de conservación de los componentes del área verde; asimismo, en algunos casos reduce la superficie verde e incrementa el riesgo de caída arbórea.
- La mala praxis realizada en la ejecución de obras en áreas verdes públicas de Lima Metropolitana, generan daños en la estructura subterránea y/o aérea de la vegetación urbana y las propiedades del suelo. Dicha situación produce efectos inmediatos y en otros casos se evidencian en el transcurso del tiempo.
- Las malas prácticas más frecuentes a nivel subterráneo de las áreas verdes públicas de Lima Metropolitana son: deficientes podas radiculares, cimentación, acumulación de materiales de construcción y/o excavaciones y la circulación de maquinaria pesada. Mientras las inadecuadas prácticas más comunes a nivel aéreo de la vegetación urbana son: daños mecánicos por ausencia de zonas de protección y procedimientos arbóreos (traslados, podas y talas) sin criterio técnico y en algunos casos sin autorización municipal.
- Las metodologías de determinación de la afectación del área verde frente la ejecución de una obra, son importantes evaluarlas en todas las fases del proyecto, principalmente en la etapa de planificación y diseño; con el fin de tomar las medidas preventivas y mitigación inmediata para la conservación y protección de las mismas.
- La correcta implementación de Medidas de Conservación y Protección de Áreas Verdes Públicas, es fundamental para minimizar el impacto de las actividades constructivas en todos los componentes de las áreas verdes a lo largo de todas las etapas de una obra (planificación, diseño, pre-construcción, construcción y post-construcción). Para ello, es indispensable la participación de especialistas calificados a lo largo de todo el proyecto.
- La Ordenanza N° 1852-2014-MML presenta limitaciones legales, debido a que carece de un reglamento, guías y manuales técnicos; donde se brinden las medidas específicas y los protocolos de obligatorio cumplimiento respecto la protección de las áreas verdes públicas frente la ejecución de obras en Lima Metropolitana.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para las empresas y entidades encargadas de la obra:

- Dado que la Ordenanza N° 1852-2014-MML, presenta notorias carencias: falta de reglamentación, ausencia de manuales y guías técnicas para una adecuada conservación y gestión de las áreas verdes urbanas en la ejecución de una obra. Se recomienda utilizar el presente trabajo como un conjunto de pautas a considerarse en un proyecto constructivo, debido a que brinda un alcance alineado a normativas internacionales, con criterios técnicos de diversos especialistas, investigadores e instituciones en el tema.
- Todo proyecto constructivo que intervenga los espacios verdes, se recomienda la implementación de un Plan de Conservación y Protección de Áreas Verdes Públicas en todas las fases de una obra, con la finalidad de minimizar el impacto de los trabajos en ellas.
- Tener en cuenta que es importante la participación de un especialista calificado en áreas verdes en todas las etapas de un proyecto constructivo; con el propósito de salvaguardar y proteger la mayor cantidad de árboles y superficie verde, evitando conflictos socioambientales.
- Sensibilizar, capacitar e involucrar a todo el equipo de trabajo del proyecto (desde gerencia hasta operarios) sobre las medidas de protección y conservación de las áreas verdes, con el propósito de cumplir con los objetivos del mencionado plan y tener una misma perspectiva del cuidado apropiado de las áreas verdes.
- Evaluar y actualizar constantemente el Plan de Conservación y Protección de las Áreas Verdes en todas las etapas de la obra, con la finalidad de adaptarlo a la realidad y situaciones específicas en campo; asimismo, proponer medidas inmediatas de contingencia y mitigación en caso de fallas.

- Presentar un informe final a la Municipalidad Metropolitana de Lima y municipalidad distrital, donde se evidencie la aplicación del Plan de Conservación y Protección de Áreas Verdes durante todas las etapas de la obra. Dicho informe puede incluir un panel fotográfico de las áreas verdes (antes, durante y después de la obra), inventarios actualizados al término de la obra, resultados del monitoreo final y determinación del grado de eficiencia del mencionado plan sobre los componentes de las áreas verdes.

2. A la Municipalidad Metropolitana de Lima – MML:

- Establecer un reglamento a la Ordenanza N° 1852-2014-MML, donde se brinde las medidas de obligatorio cumplimiento respecto la conservación y protección de las áreas verdes publicas frente la ejecución de obras en Lima Metropolitana. Asimismo, se recomienda crear las guías técnicas y manuales para brindar los fundamentos técnicos y gestión de las áreas verdes al público en general; donde el presente trabajo puede ser considerado como material de consulta en su elaboración o ser un complemento de la referida ordenanza.
- Realizar una mayor cantidad de supervisiones en todas las fases de una obra situadas en áreas verdes públicas, con la finalidad que estas implementen de manera correcta el Plan de Conservación y Protección de las Áreas Verdes y se corrobore el cumplimiento de los lineamientos estipulados en la Ordenanza N° 1852-2014-MML.
- Efectuar una adecuada comunicación y coordinación entre las municipales distritales y metropolitana, con la finalidad de mejorar el rol de fiscalización (supervisión, detección de sanciones y medidas correctivas) por la afectación de las áreas verdes públicas.
- Las Subgerencias de la MML (Subgerencia de Gestión Ambiental, Subgerencia de Autorizaciones Urbanas y Subgerencia de Operaciones de Fiscalización) deben realizar un trabajo articulado mediante reuniones periódicas, coordinaciones internas y seguimientos de obras autorizadas en áreas verdes públicas.
- Sensibilizar y crear conciencia ambiental a las empresas respecto el estado situacional de la afectación de las áreas verdes públicas por la ejecución de malas prácticas en las obras.
- Capacitar a las empresas respecto los correctos procedimientos para la protección de las áreas verdes públicas frente a la ejecución de obras.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfaro-Rojas, C. (2020). Propuesta técnica de manejo para el arbolado urbano del distrito de San Vicente del Cantón de Moravia, San José, Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. pp. 71. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/11522/TFG_Carolina_Alfaro_Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
2. Agricultural University of Athens (2004). Desertification Indicator System for Mediterranean Europe. Laboratory of Soils and Agricultural Chemistry. Greece https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/shared_folder/projects/DIS4ME/indicator_descriptions/vegetation_cover.htm
3. Amaro-Hernández, G., Castro-Cárdenas, M. E., Samperio-Vázquez, J., Elías Orozco, M., López-Funes M. S., Ramón-Malacara, J., Morales J. E., García-López, E., Kato-Miranda, E., Velázquez-Martin, A.B., Romo-García, M.E., Lara-Kamura, H., De Jesús-Esparza, J., Rascón G., González-Santiago, J., Reyes-Escobar, I., Guzmán, A. y Guerrero-Rentería, I. (2012). Estrategia Integral de Áreas Verdes en la ciudad de León. http://implan.gob.mx/1/admin/Areas_Verdes2012.pdf
4. Amoroso, G., Frangi, P., Piatti, R., Fini, A., y Ferrini, F (2010). Evaluation of shrubs to slope consolidation in urban landscape. *Acta Horticulturae* 881:241–246. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.881.31>
5. Alonzo-Alonzo, L. A. y González-Vera, M. A. (2010). Perdida de cobertura vegetal como efecto de la urbanización en Chetumal, Quintana Roo. *Quivera*, vol. 12, núm. 2, pp. 1-19. Universidad Autónoma del Estado de México. <https://www.redalyc.org/pdf/401/40115676001.pdf>
6. AirSpade (2021). Air Spade Pneumatic soil excavation. Revisado 11 de octubre de 2022. <https://www.airspade.com/#/>
7. Arévalo, W. y Alcántara, F. (2021). Cobertura arbórea y captura de dióxido de carbono en lo parques urbanos. Caso: Lima Norte. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*. Vol 24 n° 47, 2021: 13 – 18. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/20638>

8. Ayuntamiento de Sevilla (2019). Directrices para la protección del arbolado frente a obras. Sevilla. https://www.sevilla.org/servicios/medio-ambiente-parques-jardines/plan-gestion-arbolado-urbano/documentos-complementarios/directrices_adequacion_espacio.pdf
9. Barbero-Vargas, C.; Bestard-Escudé, A.; Fontanet-Roig, L.; Guillamon-Villalba E.; López-Gutierrez D.; Matorra- Reventos R.; Torret-Requena X. Y Villasur-Millán C. (2014). Guía de criterios técnicos para el diseño de espacios verdes urbanos. Asociación de Profesionales de los Espacios Verdes de Cataluña (APEVC). Barcelona. <https://www.aepjp.es/download/664/7-1-documento-tecnico/22837/guia-espacios-verdes-urbanos.pdf>
10. Bardon, R., Miller, K., Megalos, M. y Graul, A. (2019). Construction and Tree Protection. North Carolina State Extension. <https://content.ces.ncsu.edu/construction-and-tree-protection>
11. Benito, G. y Palermo-Arce, M. (2021). El árbol en la ciudad. Manual de Arboricultura Urbana. – 1º ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía. https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/arbol_mayo_red.pdf
12. Benson A.R. y Morgenroth J. (2019). Root pruning negatively affects tree value: A comparison of tree appraisal methods. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 43. pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126376>
13. Benson A. R., Morgenroth J. y Koeser A. K. (2019a). The effects of root pruning on growth and physiology of two *Acer* species in New Zealand. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 38. pp. 64-73. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.11.006>
14. Benson A. R., Koeser A. K. y Morgenroth J (2019b). A test of tree protection zones: Responses of *Quercus virginiana* Mill trees to root severance treatments. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 38. pp. 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.10.015>
15. Brescia de Fort Rosa, Dibús de Boza Rosa, Gervasi de Custer Marita, Vidales de Gjurinovic Pilar y Rosingana Puccio Mónica (2010). Paisajes Verdes con poca agua, jardines para Lima y ciudades de regiones secas. *Floralies*. Wust Ediciones.
16. Brudi, E. (2001). Estática de los árboles. Conferencia sobre biomecánica de la ISA. Sociedad Internacional de Arboricultura. <https://docplayer.es/16904744-Estatica-de-los-arboles-e-brudi-consultor-arborista-munich-alemania.html>
17. Bulnes, S. F., Orrego, M. M. y Terán, A. S. (2017). Árboles y Palmeras del Vivero Forestal. Características, requerimientos y recomendaciones de 40 especies para la

- arboricultura urbana. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú. pp. 9- 16.
18. Bulnes, F. (6 de abril de 2018). Cada especie de árbol tiene un rol en la ciudad. Diario El Comercio. http://www.lamolina.edu.pe/Gaceta/comunicados/2018/20180406_elcomercio.jpg
 19. Castillo-Rodríguez, L. y Ferro-Cisneros, S. (2015). La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: “verde con respuntes negros”. *Arquitectura y Urbanismo*, vol. XXXVI, núm. 1, enero-abril, 2015, pp. 5-24. <https://www.redalyc.org/pdf/3768/376839253002.pdf>
 20. Capristan-Flores, R. A. (2017). Manejo de áreas verdes en el Distrito de Chaclacayo. Lima. Peru. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina.
 21. Capristan-Flores, R. A. (2023). Entrevista personal de la experiencia profesional sobre la ejecución de traslados arbóreos y podas arbóreas por actividades constructivas en la empresa Ambic Perú. Lima. Perú.
 22. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Cataluña (2000). La Protección de la vegetación durante las obras. Manual para su correcta ejecución. Barcelona. Graficas Molero. 1º Edición. pp. 1-37.
 23. Contreras-Rojas, M. J. (2017). Los espacios verdes en la ciudad sostenible. *Observatorio Medioambiental*. ISSN: 1139-1987. Ediciones Complutense. <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/57945/52139>
 24. Costello L.R. y Jones K.S. (2003). Reducing infrastructure damage by tree roots, A compendium of strategies. Western Chapter. International Society of Arboriculture. pp. 119.
 25. Córdova-Rodríguez, B. J. (2021). Red de espacios deportivos y de recreación activa en el sector 01 del distrito de José Leonardo Ortiz. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Alicia Concytec. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USAT_bf874795ea542389b9828a5b66596fe4
 26. Chuncho, G.; Chuncho, C. y Aguirre, Z. (2019). Anatomía y morfología vegetal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. pg. 82 -89 <https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ANATOMI%CC%81A%20Y%20MORFOLOGI%CC%81A%20VEGETAL.pdf>

27. Danilina N., Tsurenkova K. y Berkovich V. (2021). Evaluating Urban Green Public Spaces: The Case Study of Krasnodar Region Cities, Russia. *Sustainability* 2021, 13, 14059. <https://doi.org/10.3390/su132414059>
28. Dávila-Maldonado de Flores, A. P. (2023). Entrevista personal sobre la experiencia profesional en la ejecución de traslados arbóreos y podas de raíces arbóreas por actividades constructivas en la empresa Flores D'Davila E.I.R.L. Lima. Perú.
29. Dennis, C. y Jacobi, W.R. (2022). Protecting Trees During Construction. Colorado State University. Garden Series - Trees and Shrubs. Folleto informativo 7.420. <https://extension.colostate.edu/topic-areas/yard-garden/protecting-trees-during-construction-7-420/>
30. De Frutos P. y Esteban S. (2009). Estimación de los beneficios generados por los parques y jardines urbanos a través del método de valoración contingente. Universidad de Santiago de Compostela. España. *Urban Public Economics Review*. núm. 10, 2009, pp. 13-51. <https://www.redalyc.org/pdf/504/50412489001.pdf>
31. De Oliveira, J.D., Biondi, D. and Nunho, A.R. (2022). The role of urban green areas in noise pollution attenuation. *DYNA*, 89(220), pp. 210-215. <file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-TheRoleOfUrbanGreenAreasInNoisePollutionAttenuatio-8432332.pdf>
32. Domínguez-Céspedes, H. D. (2016). Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el municipio de Cumaribo, departamento del Vichada. Universidad de Caldas. https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2974/Heber%20Danilo_Dominguez%20Cespedes_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
33. Dujesiefken, D., Fay, N., De Groot, J.W., De Berker, N., (2016). Trees – a Lifespan Approach. Contributions to Arboriculture from European Practitioners. Witkoś-Gnach K., Tyszko-Chmielowiec P. (ed.). pp. 136. http://drzewa.org.pl/wp-content/uploads/2018/05/Trees_Lifespan_Approach.pdf
34. Durand-Zevallos, J. L. (2017). Propuesta de criterios para la determinación de niveles de riesgo generados por árboles en el distrito de San Borja [trabajo por suficiencia profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3525>
35. Eguilúz-Piedra, T., Rente-Nascimento J., Arellano-Miramón, H. Vázquez-Tsuji A., Recillas-Silva I., Castro-Lozano E., Sarmiento-Fradera M., Robledo-Hernández E.,

- Lazos-Valencia C. y González-Monzón A. U. (2000). Manual Técnico para la Poda, Derribo y Transplante de Árboles y Arbustos de la Ciudad de México. Gobierno del Distrito Federal. México.
http://centro.paot.org.mx/documentos/sma/manual_tecnico_arboles.pdf
36. Elices, J. J. (2022). Congestión vehicular en Lima Metropolitana. Infovías. Vías PUCP. Revisado 19 de diciembre de 2022.
<http://blog.pucp.edu.pe/blog/viaspucp/2022/05/04/congestion-vehicular-en-lima-metropolitana/#:~:text=FACTORES%20QUE%20GENERAN%20TR%C3%81FICO%20VEHICULAR,brindada%20por%20la%20compa%C3%B1%C3%ADa%20TomTom>
37. Elmendorf, W., Gerhold, H. y Kuhns, L. (2022). A Guide to Preserving Trees in Development Projects. The Pennsylvania State University. Penn State College of Agricultural Sciences. <https://extension.psu.edu/a-guide-to-preserving-trees-in-development-projects>
38. Falcón, A. 2007. Espacios verdes para una ciudad sostenible. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona, España. 176 p.
39. Flores-Juca, G. E. y Chica Carmona J. G. (2016). La pérdida de las áreas verdes privadas como consecuencia de la construcción irregular. El caso de Cuenca-Ecuador. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Cuenca (Ecuador). Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5634812>
40. Flores-Xolocotzi R. y González-Guillén. M.J. (2010). Planificación de sistemas de áreas verdes y parques públicos. Rev. mex. de cienc. forestales vol.1 no.1 México ene./jun. 2010. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322010000100003
41. Fini A., Ferrini F., Frangi P., Piatti R. y Amoroso G (2013). Effects of root severance by excavation on growth, physiology and uprooting resistance of two urban tree species. ISHS Acta Horticulturae 990: II International Symposium on Woody Ornamentals of the Temperate Zone. pp. 487 – 494. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.990.63>
42. Fite, K. y Smiley, E. (2016). Managing trees during construction. Companion publication to the ANSI A300 Part. 5: Tree, Shrub, and other Woody Plant Maintenance – Standard Practices (Management of trees and shrubs during site planning, site development and construction). International Society of Arboriculture. Second Edition. Editorial Wes Koehler. pp. 1- 37.

43. Fiorentino, J. (2014). Evaluación de la sustentabilidad ecológica del arbolado urbano viario en tres comunas de la ciudad de Buenos Aires. Maestría en Gestión Ambiental Metropolitana. Universidad de Buenos Aires. pp. 1-168
44. Freeman, S., y Eykelbosh, A. (2020). COVID-19 and outdoor safety: Considerations for use of outdoor recreational spaces. BC Centre for Disease Control. <https://www.researchgate.net/publication/340721289>
45. Fundación Juana de Vega y Xunta de Galicia (2016). Normativa de Calidad de la Planta ornamental de Galicia. ISBN: 978-84-608-8004-2 https://www.researchgate.net/publication/307574714_Norma_de_Calidad_de_Planta_ornamental_de_Galicia
46. García-Breva, J., Jiménez-Beltrán D., Ferrando-Vitales, F., Paule Martín, R., Moreno-Portillo, E., De la Peña-Delgado, M., Abeledo-Losada, M., Sánchez-Valverde, M., Morales-López, I., Llave-Moreno, A., Primo-Prados, C. y Núñez-García, M. (2021). Conservación de la naturaleza en el entorno urbano. Análisis de la pérdida de biodiversidad, causas, consecuencias y acciones para revertirla. Fundación Renovables. <https://fundacionrenovables.org/wp-content/uploads/2021/12/PROYECTO-2-Naturaleza-en-el-entorno-urbano.pdf>
47. García-Vargas, D. (2006). Efectos fisiológicos y compartimentalización radicular en plantas de *Zea mays* L. expuestas a la toxicidad por plomo. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona. España. pp. 95-114.
48. Gilman, E. y Lilly, S. (2008). Poda de Árboles. Mejores prácticas de Manejo. Publicación acompañante de los ANSI A300 Part 1: Tree, Shrub and other Woody Plant Maintenance – Standard Practices (Pruning). Sociedad Internacional de Arboricultura. pp. 1-42.
49. Gilman E. F. y Robert J. B. (2020). Podando los Árboles y Arbustos. University of Florida. <https://sfyl.ifas.ufl.edu/media/sfylifasufledu/miami-dade/documents/Podando-los-Arboles-y-Arbustos---1.pdf>
50. Greinert Andrzej (2015). The heterogeneity of urban soils in the light of their properties. *J Soils Sediments*. 16, 2493–2499. Doi: 10.1007/s11368-014-1054-6 <file:///C:/Users/user/Downloads/GreinertA-Theheterogeneityofurbansoilsinthelightoftheirproperties.pdf>
51. Government of the Hong Kong Special Administrative Region (2014). Guidelines on Tree Transplanting. Greening, Landscape and Tree Management Section. Development Bureau. pp. 33.

52. Gobierno Autónomo Municipal La Paz (2021). Guía Técnica: “Acciones de protección, conservación y mitigación arbórea en actividades, obras y proyectos de construcción”. Anexo I. pp. 1 -38. <https://colectivoarbolsc.files.wordpress.com/2021/03/guia-tecnica-proteccion-arbolado-en-construcciones.pdf>
53. Gómez, N. J. y Velázquez, G. A. (2016). Asociación entre los espacios verdes públicos y la calidad de vida en el municipio de Santa Fe, Argentina. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 27 (1): 164-179. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v27n1/0121-215X-rcdg-27-01-00164.pdf>
54. Gonzales-Scheggia, G. (2023). Entrevista personal de la experiencia profesional sobre la ejecución de traslados arbóreos y podas arbóreas por actividades constructivas en la empresa Ambic Perú. Lima. Perú.
55. Guillard C., Maron P. A., Damas O. y Ranjard L. (2018). Biodiversity of urban soils for sustainable cities. Environmental Chemistry Letters, 16(4), 1267–1282. doi: <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0751-6>
56. Han, D.; Shen, H., Duan, W. y Chen, L. (2020). A review on particulate matter removal capacity by urban forests at different scales. Urban Forestry & Urban greening. Vol. 48. 16-12-2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S161886671930648X?via%3Dihub>
57. Hauer, R., Koeser, A., Parbs, S., Kringer, J., Krouse, R. y Sivyer, D. (2020). Street Trees, Construction, and Longevity: Tree Growth and Response over Four Decades (1979 to 2018). The Landscape Below Ground IV. pp. 546-563. https://www.researchgate.net/publication/339390933_Street_Trees_Construction_and_Longevity_Tree_Growth_and_Response_over_Four_Decades_1979_to_2018
58. Huot, H., Simonnot M.A., Morel, J.L. (2015) Pedogenetic trends in soils formed in technogenic parent materials. Soil Sci 180:182–192
59. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019). Compendio Estadístico Provincia de Lima 2019. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1714/Libro.pdf
60. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020). Compendio Estadístico Provincia de Lima 2020. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1847/libro.pdf

61. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021). Producto Bruto Interno Trimestral. Informe Técnico. Revisado 19 de diciembre de 2022. <https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-pbi-ii-trim-2021.pdf>
62. Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2022). Población peruana alcanzó las 33 millones 396 mil personas en el año 2022. Nota de prensa N° 115. <https://m.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-115-2022-inei.pdf>
63. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2022). Lima supera los 10 millones de habitantes al año 2022. Revisado 12 septiembre de septiembre del 2022. <https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/lima-supera-los-10-millones-de-habitantes-al-ano-2022-13297/>
64. Irarrázaval, F. (2012). El imaginario "verde" y el verde urbano como instrumento de consumo inmobiliario: Configurando las condiciones ambientales del área metropolitana de Santiago. Revista INVI, 27(75), 73-103. doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-83582012000200003>
65. Jo, H.K., y Mcpherson, E.G. (1995): «Carbon storage and flux in urban residential greenspace». Journal of Environmental Management, n° 45, 109–133. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147978570062X>
66. Juergen, B. y Shyam, P. (2014). Particulate pollutants are capable to ‘degrade’ epicuticular waxes and to decrease the drought tolerance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Environmental Pollution. Volumen 184, Pag. 659-667. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.04.041>
67. Klett, J.E. y Cox, R.A. (2022). Ground Cover Plants. Gardening Series. Fact Sheet N° 7.400. Colorado State University, U.S. Department of Agriculture and Colorado counties cooperating. <https://www.lakewood.org/files/assets/public/planning/development-assistance/pdfs/handouts/csugroundcoverplants.pdf>
68. La Contraloría General de la Republica de Perú (2019). Folleto Obras Públicas. https://doc.contraloria.gob.pe/PACK_anticorrupcion/documentos/7_OBRAS_PUBLICAS_2019.pdf
69. Ledesma, M. (2008). Arbolado público. Conceptos. Manejo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_libro_arbolado_publico_ledesma.pdf

70. Lima Como Vamos (2022). Informe Urbano de Percepción Ciudadana en Lima y Callao. <http://www.limacomovamos.org/wp-content/uploads/2022/11/EncuestaLCV2022.pdf>
71. López-Herrera C. J. y Melero-Vara J.M. (2020). Control de enfermedades causadas por hongos y oomicetos en cultivos agrícolas. Sociedad Española de Fitopatología. Pg. 20-27. <http://sef.es/sites/default/files/publications/fitopatologiaSEFn5.pdf>
72. Louks, P. (2007). Building with nature requires careful planning. Protecting Trees During Construction. Community & Urban Forestry Program. Forestry Indiana. <https://www.in.gov/dnr/forestry/files/fo-ProtectTreesConstruct.pdf>
73. Malca-C., N. (2013). Contribución de las áreas verdes urbanas a la calidad ambiental del distrito de Comas-Lima, al año 2011. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM. Vol. 15, N.º 30, p. 117 – 121. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/4192/3347>
74. Matteson, K.C. y Langellotto, G.A. (2010). Determinates of inner city butterfly and bee species richness. *Urban Ecosystems* 13:333–347. <https://doi.org/10.1007/s11252-010-0122-y>
75. Mattheck, C., Breloer H., Lonsdale D. y Strouts R. (2003). The body language of tree: a handbook for failure analysis. HMSO Publications Centre, Londres. 7th ed. pp. 240.
76. Matheny, N. y Clark, J.R. (1998). Trees and development: A technical guide to preservation of trees during land development. Champaign, IL. Sociedad Internacional de Arboricultura. pp.183.
77. Maurin, V. y DesRochers, A. (2013). Physiological and growth responses to pruning season and intensity of hybrid poplar. *Forest Ecology and Management*. Volume 304, pp. 399–406. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.039>
78. Mercer C., Scott C., Pringle K., Dallimer M. y Spracklen D. (2015). A brief guide to the benefits of urban green spaces. University of Leeds. Leeds Ecosystem, Atmosphere and Forest (LEAF) centre, the United Bank of Carbon (UBoC), and the Sustainable Cities Group at the University of Leeds https://leaf.leeds.ac.uk/wp-content/uploads/sites/86/2015/10/LEAF_benefits_of_urban_green_space_2015_upd.pdf
79. Ministerio del Ambiente (2019). Avance: Plan de acción para el mejoramiento de la calidad del aire de Lima-Callao. Diagnóstico de la Gestión de la Calidad Ambiental del Aire de Lima y Callao. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/diagnostico-gestion-calidad-ambiental-aire-lima-callao>

80. Ministerio de Desarrollo Urbano del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2015). Manual de Diseño Urbano. ISBN 978-987-29897-6-7. https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/manual_de_diseno_urbano_-_gcba_ago-2015_0.pdf
81. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2022). PERÚ: Evolución Mensual de la Actividad del Sector Construcción (PBI de Construcción): 2016 – 2022. Revisado 19 de diciembre del 2022. https://www3.vivienda.gob.pe/Destacados/estadistica/62_PBI-CONSTRUCCION.pdf
82. Minervini, M. G., Morras H. J. M. y Taboada M. A. (2017). Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral 28:012-027 Abril 2018. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v028_n01_p012.pdf
83. Morales-Gallegos, L. M., Martínez-Trinidad, T., Gomez-Guerrero, A., y Suarez Espinosa, J. (2020). Carbohydrate-based urban soil amendments to improve urban tree establishment. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 26(3), 343–356. <https://revistas.chapingo.mx/forestales/?section=articles&subsec=issues&numero=288&articulo=2692>
84. Mpofu Thomas P. (2013). Environmental challenges of urbanization: A case study for open green space management. Research Journal of Agricultural and Environmental Management Vol. 2(4), pp. 105-110. <https://apexjournal.org/rjaem/archive/2013/Apr/fulltext/Mpofu.pdf>
85. Municipalidad Metropolitana de Lima (2022). Manual de diseño urbano inclusivo para Lima Metropolitana. Revisado 05 de octubre de 2022.
86. Municipalidad Metropolitana de Lima (2022). Boletín Anual de Vigilancia y Monitoreo de Calidad del Aire 2021. <https://smia.munlima.gob.pe/documentos-publicacion/detalle/1251>
87. Municipalidad Metropolitana de Lima (2022). Boletín mensual - Septiembre 2022 "Vigilancia de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana - Red de módulos de monitoreo de la calidad del aire basada en sensores de bajo costo". <https://smia.munlima.gob.pe/documentos-publicacion/detalle/1417>
88. Mukherjee, A., y Agrawal, M. (2018). Use of GLM approach to assess the responses of tropical trees to urban air pollution in relation to leaf functional traits and tree

characteristics 152 42-54 doi: <https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.ecoenv.2018.01.038>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651318300472?via%3Dihub>

89. ONU-Habitat (2019). Siete grandes beneficios de los árboles urbanos. Revisado 07 de octubre de 2022. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/siete-grandes-beneficios-de-los-arboles-urbanos>
90. Ojeda, L. y Espejel, I. (2014). Cuando las áreas verdes se transforman en paisaje urbano. La visión de Baja California. El Colegio de la Frontera Norte. https://colef.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1014/580/1/Cuando%20las%20%C3%A1reas%20verdes%20-Interiores_lectura.pdf
91. Ordenanza N° 1852. Ordenanza para la Conservación y Gestión de las Áreas Verdes en la Provincia de Lima” de la Municipalidad Metropolitana de Lima. (28 de diciembre de 2014). Diario Oficial El Peruano. <https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/793d8fbb0c8e70f5.pdf>
92. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Portal de suelos de la FAO. Base de referencia mundial. Revisado 03 de octubre de 2022 <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/base-referencial-mundial/es/>
93. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2022). Cobertura vegetal del suelo. Agricultura de conservación. <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>
94. Palacios, J. (2016). Manejo de viveros. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Departamento de Horticultura. La Molina. Perú
95. Passola, G. (2011). Apuntes de raíces y trasplantes. Cuadernos de arboricultura N° 02. Asociación Española de Arboricultura. 2° Edición. España. p.114
96. Pereira-Prado, M. M. (2015). Las áreas verdes urbanas como generadoras de ecoservicios para el bienestar humano. Propuesta de gestión de parques para la localidad de Engativá. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. p. 41. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/17959/PereiraPradoMasielMelissa2015.pdf>
97. Pecknold (1991). Transplant Shock of Trees and Shrubs. Ornamental Diseases. Purdue University. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/bp/bp-31.html>

98. Pereira P., Ferreira A., Sarah P., Cerdá A., Walsh R. y Keesstra S. (2016). Urban Soils and Sediments. *J Soils Sediments* (2016) 16:2493–2499. DOI 10.1007/s11368-016-1566-3
99. Perrette G., Delagrangé S., Ramirez J.A. y Messier C. (2021). Optimizing reduction pruning under electrical lines: The influence of tree vitality before pruning on traumatic responses. *Urban Forestry & Urban Greening*. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127139>
100. Piña-Retamoza, L. J. (2019). Estrategias Ambientales para la Mejora de las Áreas Verdes en Ciudad Tavacare, Estado Barinas. Instituto Internacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Educativo INDTEC, C.A. *Revista Scientific* Vol. 4, N° 11. pp. 121-137. DOI: <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2019.4.11.6.121-137>
101. Piotrowska-Długosz, A. y Charzyński, P. (2015). The impact of the soil sealing degree on microbial biomass, enzymatic activity, and physicochemical properties in the Ekranic Technosols of Toruń (Poland). *J Soils Sediments* (2015) 15:47–59. DOI: 10.1007/s11368-014-0963-8
102. Polo-Abad, J. (2022). Manual Técnico De Arbolado Urbano - Protección en obras civiles. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. pp. 6 -18. http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/patrimoni_o_natural/arbolado/manual3.pdf
103. Pouyat, R., Yesilonis, I.; Russell-Anelli, J. y Neerchal, N. (2007). Soil chemical and physical properties that differentiate urban land-use and cover types. *Soil Science of America Journal*. 71(3): 1010-1019. DOI:10.2136/sssaj2006.0164
104. Pouyat, R., Szlavecz, K., Yesilonis I., Groffman P. y Schwarz, K. (2010). Chemical, Physical, and Biological Characteristics of Urban Soils. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. *Urban Ecosystem Ecology*, 7:119–152. DOI:10.2134/agronmonogr55.c7
105. Pouyat, R., Day, S., Brown, S., Schwarz, K., Shaw, R., Szlavecz, K., Trammell, T. y Yesilonis, I. (2020). Urban Soils. *Forest and Rangeland Soils of the United States Under Changing Conditions*, 7:127–144. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-45216-2_7
106. Pryor M. y Watson G. (2016) Mature tree transplanting: Science supports best management practice, *Arboricultural Journal*, 38:1, 2-27, DOI: 10.1080/03071375.2016.1157401
107. Puplampu, D.A. y Bofo, Y.A. (2021). Exploring the impacts of urban expansion on green spaces availability and delivery of ecosystem services in the Accra metropolis.

- Environmental Challenges Volume 5, December 2021, 100283.
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100283>
108. Quintero-González, L. E. (2019). Infraestructura verde: Infraestructuras verdes vivas: características tipológicas, beneficios e implementación. Cuadernos de Vivienda y Urbanismo, vol. 12, núm. 23, 2019. Pontificia Universidad Javeriana.
[https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CVU/12-23%20\(2019-I\)/151558490007/](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CVU/12-23%20(2019-I)/151558490007/)
109. Ramil-Rego P. y Gómez-Orellana L. (2019). Xardinería e Paisaxismo en Galicia: Recursos e novos enfoques. IBADER - Serie Biodiversidade. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo. Pp. 1-203.
110. Ramos-Soto, J. D. y Ramos-Soto, J. M. (2021). Conflictos sociales en las áreas verdes urbanas de Lima Metropolitana. Revista Xilema. Vol. 31 Núm. 1. Pag.11.
<https://doi.org/10.21704/x.v31i1.1776>
111. Ramirez J. A., Vitali V., Martínez-Vilalta J., Handa I. T. y Messier C. (2021). Reserve Accumulation Is Prioritized Over Growth Following Single or Combined Injuries in Three Common North American Urban Tree Species. *Frontiers in Plant Science*. 12:715399. DOI: 10.3389/fpls.2021.715399
112. Reinoso-Collaguazo, S. B. (2018). Comportamiento ambiental de los residentes de Quito en los espacios públicos de ocio (Parques Metropolitanos) del DMQ. Grupo II. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Ecuador, Quito.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17730/1/T-UCE-0004-CAG-066.pdf>
113. Relf, D. y Appleton, B. (2015). Selecting Landscape Plants: Ground Covers. *Environmental Horticulture*. Publication 426-609. Virginia Polytechnic Institute And State University y Virginia State University.
https://www.researchgate.net/publication/264838491_Selecting_Landscape_Plants_Ground_Covers
114. Rendón-Gutiérrez, R. E. (2010). Espacios verdes públicos y calidad de vida. A: *International Conference Virtual City and Territory*. "6to. Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Mexicali, 5, 6 y 7 Octubre 2010". Mexicali: UABC, 2010.
<https://upcommons.upc.edu/handle/2099/12860>
115. Rivera y Trujillo (2004). Estudio de toxicidad vegetal en suelos con petróleos nuevo e intemperizado. *Interciencia*. INCI v.29 n.7.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000700007

- 116.Röbbel, N. (2022). Los espacios verdes: un recurso indispensable para lograr una salud sostenible en las zonas urbanas. Organización de las Naciones Unidas. Crónica ONU. Revisado 06 de octubre de 2022. <https://www.un.org/es/chronicle/article/los-espacios-verdes-un-recurso-indispensable-para-lograr-una-salud-sostenible-en-las-zonas-urbanas>
- 117.Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, FAO. <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
- 118.Rojas-Caballero, C. y Smith Guerra, P. (2019). Disminución de la temperatura superficial en comunas pericentrales al sur de la ciudad de Santiago mediante la conversión de sitios eriazos en espacios verdes. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Repositorio Academic de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/173635>
- 119.Rojas-Sáenz, J. M. (2012). Densidad Aparente. Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa. INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_densidad_aparente.pdf
- 120.Saiz de Omeñaca, J., Giraldo Gutiérrez de Loma, M. y Prieto Rodríguez, A. (2012). Trasplante de grandes árboles. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. *Foresta*, 46-53.
- 121.Servicio de Parques de Lima (2012). Árboles de Lima. Walter H. Wust ediciones https://periferia.pe/assets/uploads/2020/06/Libro-Arboles-de-Lima_compressed.pdf
- 122.Servicio de Parques de Lima (2013). Plan estratégico institucional 2014-2016. Lima: SERPAR. <https://www.serpar.gob.pe/wp-content/uploads/PEI/PEI%202014%20-%202016.pdf>
- 123.Shigo, A. y Marx, H. (1977). Compartmentalization of decay in tres (CODIT). United States Department of Agriculture Forest Service. Agriculture Information. Boletín N° 405. p. 73.
- 124.Sistema Metropolitano de Información Ambiental (2022). Estadística - Aire y Atmósfera. Revisado 09/12/2022. <https://smia.munlima.gob.pe/estadistica/aire-y-atmosfera>
- 125.Sistema Nacional de Información Ambiental (2018). Indicador: Superficie de área verde urbana por habitante. Consultado el 12 de septiembre del 2022. <http://sinia.minam.gob.pe/indicador/998>
- 126.Steinfort U., Contreras A., Albornoz F., Reyes P.e S. y Guillemint P. (2020). Vegetation survival and condition in public green spaces after their establishment:

- Evidence from a semi-arid metropolis. *Int. J. Agric. Nat. Resour.* 47(2):90-104. DOI 10.7764/ijanr.v47i2.2045
127. Sociedad Internacional de Arboricultura (2022). Tratamiento de los Árboles que Sufren Daños por Construcciones. ISA HISPANA. https://www.isahispana.com/portals/0/docs/treecare/treatment_construction_damage.pdf
128. Sociedad Internacional de Arboricultura (2022). Evite los Daños los Árboles Durante la Construcción. ISA HISPANA. https://www.isahispana.com/portals/0/docs/treecare/avoiding_const_damage.pdf
129. Sociedad Internacional de Arboricultura (2022). Porqué el Desmoche Lesiona a los Árboles. <https://www.isahispana.com/portals/0/docs/treecare/topping.pdf>
130. Southon G., Jorgensen A., Dunnett N., Hoyle H. y Evans K. (2018). Perceived species-richness in urban green spaces: Cues, accuracy and wellbeing impacts. *Landscape and Urban Planning* 172 (2018) 1–10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204617303237>
131. Schwarz, K., Pickett, S., Lathrop, R., Weathers, K., Pouyat, R. y Cadenasso, M. (2012). The effects of the urban built environment on the spatial distribution of lead in residential soils. *Environmental Pollution*. Volume 163, Pag. 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.12.003>
132. Smiley E. T., Holmes L. y Fraedrich B. R. (2014). Pruning of Buttress Roots and Stability Changes of Red Maple (*Acer rubrum*). *Arboriculture & Urban Forestry*. 40(4). pp. 230–236
133. Taylor, L., y Hochuli, D. F. (2017). Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. *Landscape and Urban Planning*, 158, 25-38. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204616302146>
134. Tree Care Industry Association (2022). ANSI A300 Standards. Revisado 12 de octubre de 2022. https://www.tcia.org/TCIA/Build_Your_Business/A300_Standards/A300_Standards.aspx
135. Tanning, R. W. (2018). Plan Ahead. Department of Planning & Sustainability. DeKalb County Georgia. <https://www.dekalbcountyga.gov/sites/default/files/2018%20Home%20Builder%20Guide%20to%20Tree%20Protection.pdf>

136. Valdivia, R., Pilarte, F. y Espinoza, A. (2019). Evaluación Visual de Suelos. Instructivo N° 2. Catholic Relief Services. Nicaragua. https://asa.crs.org/wp-content/uploads/2020/05/Instructivo-2-Evaluacio%CC%81n-Visual-de-Suelos_c.pdf
137. Vandergriff D.S. y Clatterbuck W. K. (2000). Transplanting Trees. The University of Tennessee Agricultural Extension Service. https://trace.tennessee.edu/utk_agexfores/89
138. Vargas R., A. (2020). Manejo de Árboles Urbanos. Manual de buenas prácticas para el adecuado desarrollo de los árboles en la ciudad. Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://www.litoral.cl/publicLit/storage/pdf/8f265e39a57d734bf685ecdcf3ac8868.pdf>
139. Vargas-Montes, T. (2021). Efecto de la vegetación en el nivel de contaminación atmosférica generada por material particulado en cañones urbanos. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/20033/2/VargasTomas_2021_EfectoVegetacionContaminacion.pdf
140. Vazquez, J. A. (2004). El espacio público urbano: los servicios ambientales y las preferencias sociales. Estudio comparativo de plazas de Rosario. Universidad Nacional de Rosario. <https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/16065/CEI%20-%20MSAH%20-%20Tesis%20Vazquez%20Jorge.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
141. Vial-Alarcón, M. (2021). Consejos para la medición de la compactación de suelos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Informativo N° 141. Ministerio de Agricultura. Chile. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68284/NR42673.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
142. Vidal-Beaudet L., Forget-Caubel V., Grosbellet C. (2015). Favour Street Tree Root Growth with High Supplies of Organic Matter Induces Changes in Urban Soil Properties. *Acta Hort.* 1099, ISHS 2015. J.-C. Mauget and S. Godet. 10.17660/ActaHortic.2015.1099.120
143. Quispe Aguilar, E. B. (2017). Situación de las Áreas Verdes Urbanas en Lima Metropolitana. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina.
144. Quiroz-Valencia, B. D. (2023). Entrevista personal de la experiencia profesional sobre la ejecución de traslados arbóreos y podas arbóreas por actividades constructivas en la Municipalidad distrital de Pueblo Libre. Lima. Perú.
145. Wolf, K.L., (2009). Strip malls, city trees, and community values. *Arboriculture & Urban Forestry*, 35(1), pp. 33–40 <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/34947>

VIII. ANEXOS

Anexo N° 1: Tolerancia de especies arbóreas frente a la intervención por actividades constructivas (poda de raíces) y el procedimiento de trasplante en Lima Metropolitana.

N°	Nombre científico	Nombre común	EXPERIENCIA NACIONAL				EXPERIENCIA INTERNACIONAL				Tolerancia promedio ¹
			Dávila (2023)	Gonzales (2023)	Quiroz (2023)	Capristan (2023)	Benito y Palermo (2021)	Costello y Jones (2003)	Matheny y Clark (1998)	Gob. A. M. La Paz (2021)	
1.	<i>Acacia saligna</i>	Mimosa	-	M-B	-	M	-	M	B	B	M-B
2.	<i>Acacia horrida</i>	Huaranguillo	-	M-B	-	M-B	-	M	B	B	M-B
3.	<i>Albizia julibrissin</i>	Albizia	-	-	-	-	B	-	-	B	B
4.	<i>Araucaria heterophylla</i>	Araucaria	M-B	A-M	A	M-A	-	-	-	-	M-A
5.	<i>Archontophoenix cunninghamiana</i>	Palmera Areca	M	A	-	A	A	-	-	-	A
6.	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Tara	M-B	A	-	M-A	-	-	-	-	M-A
7.	<i>Callistemon citrinus</i>	Calistemo	M	M-B	-	B	-	-	-	-	M-B
8.	<i>Carya illinoensis</i>	Pecano (*)	M	M-B	-	B	-	-	M-A	-	M-B
9.	<i>Cassia fistula</i>	Casia	B	M-A	-	-	-	-	-	-	M
10.	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Casuarina	-	-	-	B	B	-	-	B	B
11.	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	M-A	A	-	M-A	-	-	-	-	A-M
12.	<i>Ceiba speciosa</i>	Ceibo	-	M-A	A	M-A	A	-	-	-	M-A
13.	<i>Cycas revoluta</i>	Cyca	M-A	M-A	-	M-A	-	-	-	-	M-A
14.	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés	B	B	M	B	-	-	B	B	B
15.	<i>Delonix regia</i>	Ponciana	A	A	M	A	-	-	-	-	A
16.	<i>Dyopsis lutescens</i>	Palmera hawaiana	A	A	A	A	A	-	-	-	A
17.	<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	-	A	-	-	A	-	-	-	A
18.	<i>Erythrina falcata</i>	Pisonay	-	M-A	-	-	-	-	-	A	A-M
19.	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto de Costa	B	B	-	B	B	M-B	M	B	B
20.	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto de Sierra	B	B	-	B	B	M-B	M	B	B

¹ Alta: "A", Moderada: "M", Baja: "B"

21.	<i>Fraxinus americana</i>	Fresno (*)	-	M-A	-	M	A	A-M	M-A	A	M-A
22.	<i>Ficus benjamina</i>	Ficus	A	A	A	A	-	A	-	-	A
23.	<i>Ficus elastica</i>	Caucho	-	A	-	A	A	A	-	-	A
24.	<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	-	-	-	-	A	A	A	-	A
25.	<i>Grevillea robusta</i>	Grevilea	A	M-A	-	B-M	B	-	-	B	M
26.	<i>Harpullia arborea</i>	Jabonaria	B-M	M-B	-	M	-	-	-	-	M-B
27.	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Meijo	A	A-M	-	A-M	-	-	-	-	A-M
28.	<i>Inga feuilleei</i>	Pacae	-	A	-	B	-	-	-	-	M
29.	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	A	M-A	A	M-A	A	-	-	-	A-M
30.	<i>Koelreuteria paniculata</i>	Papelillo	A	M-A	A	M-B	-	-	-	-	M-A
31.	<i>Magnolia grandiflora</i>	Magnolia	-	M-B	-	-	B	-	M	-	M-B
32.	<i>Melia azedarach</i>	Melia	-	M-B	-	M	-	-	-	-	M-B
33.	<i>Myoporum laetum</i>	Mioporó	B	M-A	-	A-M	-	-	-	-	M
34.	<i>Morus nigra</i>	Mora	M-A	A	-	B	-	A	M-A	-	M
35.	<i>Olea europea</i>	Olivo	M	A	-	M-A	-	A	-	A	M-A
36.	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Parkinsonia	M	A	M	M	-	-	-	-	M-A
37.	<i>Phytolacca dioica</i>	Ombú	-	-	-	B	-	-	-	-	B
38.	<i>Phoenix canariensis</i>	Palmera Fénix	M-A	A	A	A	A	-	-	-	A
39.	<i>Phoenix roebelenii</i>	Palmera Rubelina	M	M	M	A	A	-	-	-	M-A
40.	<i>Persea americana</i>	Palto	M-B	B	-	B	-	-	-	-	B-M
41.	<i>Populus nigra</i>	Álamo negro (*)	M	M-B	-	-	A	A	M-A	A	M-B
42.	<i>Populus deltoides</i>	Álamo carolino (*)	M	M-A	-	-	A	A	M-A	A	M-A
43.	<i>Prosopis pallida</i>	Algarrobo	-	M-B	-	M-B	-	-	-	-	M-B
44.	<i>Pouteria lucuma</i>	Lúcuma	B	-	-	B	-	-	-	-	B
45.	<i>Roystonea regia</i>	Palmera real	M	A	-	A	A	-	-	-	A
46.	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce (*)	-	M-A	-	M-B	A	A-M	M-A	A	M
47.	<i>Salix babylonica</i>	Sauce llorón (*)	-	M	-	M-B	-	A	-	-	M-B
48.	<i>Schinus molle</i>	Molle serrano	M-B	B	-	M-A	-	-	M	-	M-B
49.	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle costeño	A	M-A	A	A-M	-	-	-	-	A-M
50.	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Palmera Bruja	B	M	-	A	A	-	-	-	M
51.	<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán africano	M-A	M	M	A-M	-	-	-	-	M-A
52.	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	-	A	-	A-M	-	-	-	-	A-M
53.	<i>Tecoma stans</i>	Huaranhuay	A	A	A	M-A	-	-	-	-	A
54.	<i>Tipuana tipu</i>	Tipa	A	A	M	A	A	-	-	-	A
55.	<i>Thuja occidentalis</i>	Tuja (*)	M	B	M-B	B-M	-	A	A	-	B-M
56.	<i>Washingtonia robusta</i>	Palmera abanico	A	A	A	A	A	-	-	-	A

¹ Alta: "A", Moderada: "M", Baja: "B"

Nota: Adaptado del “*Entrevistas sobre la tolerancia de las especies arbóreas a la construcción y procedimiento de traslado arbóreo en Lima Metropolitana*”; Dávila (2023), Gonzales (2023), Quiroz (2023) y Capristan (2023). “*El árbol en la ciudad. Manual de Arboricultura Urbana*” (p. 155), Benito y Palermo (2021). “*Guía Técnica: Acciones de protección, conservación y mitigación arbórea en actividades, obras y proyectos de construcción*” (p. 21), Gobierno Autónomo Municipal La Paz (2021). “*Reducing infrastructure damage by tree roots, A compendium of strategies*” (p. 52), Costello y Jones (2003). “*Relative tolerance of selected species to development impacts*” de “*Trees and Development*”, Matheny y Clark (1998).

Considerar:

- (*): Especies arbóreas y/o porte arbóreo que presentan una reducción de la tolerancia a la construcción y al procedimiento de traslado en condiciones ambientales de Lima Metropolitana.

CARGO

"Año de Lucha Contra la Corrupción e Impunidad"

MUNICIPALIDAD DE LIMA

MEMORANDO N° 916-2019-MML/GSCGA-SGA

A : JANET TELLO CARRASCO
Subgerente de Autorizaciones Urbanas

DE : ELVIRA AVILA ASCARRUZ
Subgerente de Gestión Ambiental

ASUNTO : Consideraciones técnicas a tener en cuenta para la protección y conservación de las áreas verdes públicas intervenidas

FECHA : Lima, 15 AGO 2019

16 AGO. 2019
RECIBIDO
HORA. 16.02

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para comunicarle que en función a las solicitudes realizadas por la subgerencia a su cargo, solicitando opinión respecto a las intervenciones en áreas verdes, previas a las autorizaciones de ejecución de obras en áreas de uso público, se han estimado consideraciones técnicas que se deberían cumplir en forma estricta al momento de reposición de las áreas verdes.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS A TENER EN CUENTA PARA PROTEGER Y CONSERVAR LAS ÁREAS VERDES PREVIO A LA POSIBLE INSTALACIÓN DE DISTINTAS ESTRUCTURAS SOBRE LAS MISMAS

OBJETIVO
Establecer parámetros técnicos a considerar durante el desarrollo de actividades constructivas que se realicen en áreas verdes para la instalación de diversas estructuras, con la finalidad de evitar daños y/o generar el mínimo impacto, promoviendo la reposición del área verde afectada y las estructuras arbóreas (raíces, tallos y ramas).

ALCANCE
Las consideraciones técnicas que se establecen son de aplicación para todas las personas jurídicas y/o naturales que sean responsables de la instalación de diferentes estructuras (postes de concreto, bases para la instalación de paneles publicitarios, casetas subterráneas, cableado, tuberías de gas, agua o desagüe y otras que involucren áreas verdes públicas).

CONSIDERACIONES GENERALES
Los trabajos y procesos constructivos que se realicen para instalar diferentes estructuras en áreas verdes y que puedan afectar las mismas, deberán ser de pleno conocimiento del distrito competente según la jurisdicción, distrito con el cual la Municipalidad Metropolitana de Lima deberá mantener una coordinación permanente a fin de supervisar que los mismos adopten las acciones necesarias en salvaguarda de las áreas verdes, durante y después de la ejecución de las obras. Se promoverá el conocimiento de estas consideraciones a través de su difusión mediante los medios y canales que se encuentren disponibles a efectos de crear conciencia en los responsables de la ejecución de este tipo de obras.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS ESPECÍFICAS

- Todo proceso constructivo para la instalación de distintas estructuras que involucren la remoción de áreas verdes (zona de grass, plantas cubre suelos o arbustos), deberá contemplar la reposición de las mismas y deberá quedar en el mismo estado o en mejores condiciones de las que se encontraba antes de la remoción.

GERENCIA DE SERVICIOS A LA CIUDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL
Subgerencia de Gestión Ambiental
Jirón Conde de Superunda N° 169 4to. Piso – Cercado de Lima
Teléfono 632-1300 Anexo: 1781



- Todo proceso constructivo que implique la remoción del terreno en el que se desarrollará el trabajo y en el adyacente a la obra, generará la aparición de tierra suelta y piedras, las mismas que, una vez terminada la instalación deberán ser eliminadas por los responsables de la instalación, de la zona en la que se realizó el trabajo durante y/o al culminar las actividades.
- Los responsables de las intervenciones sobre áreas verdes públicas deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones para la recuperación del área afectada:
 - a. La colocación de champas de grass en un perímetro limpio y nivelado de manera uniforme con el resto del espacio y/o área verde. (las champas o bloques de grass natural deberán estar debidamente hidratadas, con una coloración verde oscura, con raíces plenamente desarrolladas contenidas en tierra de coloración marrón oscura húmeda)
 - b. Previo a la colocación de grass en champa el terreno deberá ser enriquecido con algún fertilizante orgánico como guano o compost. (este fertilizante orgánico deberá ser distribuido uniformemente sobre la tierra que previamente debió ser removida para permitir una aireación adecuada, a la vez se deberán eliminar piedras, terrones y otras impurezas en exceso encontrados a una profundidad promedio de 20 centímetros, se deberá usar rastrillos para permitir la adecuada incorporación del fertilizante con la capa de tierra trabajada)
 - c. Efectuar un primer riego o en todo caso deberán coordinar con personal del municipio involucrado para que el mismo se efectúe. (es de suma importancia este factor para el éxito de la siembra y la repetición del riego se deberá efectuar contemplando factores como clima y temperatura, tipo de tierra, pendiente, etc.)
 - d. Todo el espacio involucrado en las obras deberá quedar totalmente limpio, libre de piedras, restos de la construcción, papeles, plásticos, etc.
- Si la intervención sobre el área verde involucra la colocación de elementos subterráneos sobre los cuales se requiera plantar grass, el espacio ubicado entre la parte superior de la estructura y el nivel externo del área verde no deberá ser menor a los 20 centímetros a efectos que el grass que cubra este espacio se desarrolle. Asimismo, no deberá ser menor a los 50 centímetros para el caso de especies arbustivas.
- Si la intervención involucra la instalación de estructuras subterráneas (dependiendo de su profundidad) no deberá implicar el deterioro o extracción de raíces de árboles que se encuentren en el perímetro de la zona de trabajo ya que esta acción implicará la afectación de la salud de las especies adyacentes.
- Siendo que la mayor masa de raíces de las especies arbóreas se encuentran ubicadas en la zona de proyección de la copa de los mismos, este no podrá ser afectado con motivo de instalaciones subterráneas profundas. (Se deberá considerar 1.00 metro adicional a la proyección de copa)
- Los responsables de la instalación de las diversas estructuras están prohibidos de efectuar podas o extracciones de árboles ubicados en el perímetro de la zona de trabajo. De ser necesario realizar labores vinculadas a la poda o extracción, estas deberán ser en plena coordinación con personal del distrito involucrado y la autorización de la Municipalidad Metropolitana de Lima, tal como se indica en la Ordenanza N° 1852.



- La implementación de las consideraciones técnicas deberán ser reportadas a la Municipalidad Metropolitana de Lima a través de un informe que contenga la evidencia fotográfica del desarrollo de los procedimientos, los mismos que serán verificados posteriormente

Es preciso indicar que las consideraciones técnicas detalladas podrán ser de uso para cualquier tipo de intervención sobre área verde pública con la finalidad de que las mismas sean recuperadas de manera apropiada. De otro lado los tratamientos a los individuos arbóreos se rigen bajo conceptos diferentes y estos solo son autorizados por la Municipalidad Metropolitana de Lima a través de la Subgerencia de Gestión Ambiental de acuerdo a lo establecido en la Ordenanza 1852-MML.

Atentamente,


MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA
GERENCIA DE SERVICIOS A LA CIUDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL
SUBGERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL
ELVIRA AVILA ASCARRUNZ
SUBGERENTE

Anexo N° 3: Memorando N° 314-2020-MML/GSCGA-SGA (Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima, 2020).

		CARGO
MEMORANDO N° 314 -2020-MML/GSCGA-SGA		
A :	JANET TELLO CARRASCO Subgerente de Autorizaciones Urbanas	
DE :	ELVIRA ÁVILA ASCARRUZ Subgerente de Gestión Ambiental	
ASUNTO :	Información técnica complementaria respecto a los lineamientos emitidos para la protección y conservación de las áreas verdes públicas.	
REF. :	Memorando N° 916-2019-MML/GSCGA-SGA	
FECHA :	Lima, 19 FEB 2020	
<p>Tengo el agrado de dirigirme a usted, en relación al documento de la referencia mediante el cual la subgerencia a mi cargo puso en su conocimiento los lineamientos y consideraciones técnicas para la protección y conservación de las áreas verdes a tener en cuenta en forma previa a la instalación de distintas estructuras sobre las mismas.</p> <p>Con motivo de las opiniones técnicas solicitadas por su despacho, como parte de la evaluación de las autorizaciones de ejecución de obras en las que se involucre áreas verdes de uso público y en el marco de las reuniones sostenidas con representantes de la División de Obras y Redes Públicas, se vio por conveniente precisar algunos aspectos que deberán tenerse en cuenta respecto a la aplicación de los lineamientos establecidos con el Memorando N° 916-2019-MML/GSCGA-SGA, en el sentido de determinar el procedimiento a seguir, considerando la magnitud e importancia de los proyectos a desarrollarse sobre estas áreas.</p> <p>En ese sentido, se señala lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none">• Con la finalidad de emitir una opinión técnica con mayor objetividad respecto a la ejecución de obras en áreas verdes de uso público que pudieran afectar el sistema radicular de los individuos arbóreos, corresponde especificar algunos aspectos en relación al lineamiento general que establece: <u>siendo que la mayor masa de raíces de las especies arbóreas se encuentran ubicadas en la zona de proyección de la copa de los mismos, este no podrá ser afectado con motivo de instalaciones subterráneas profundas (se deberá considerar 1.00 m. adicional a la proyección de la copa).</u>• Sobre el precitado lineamiento, debe precisarse que de acuerdo a las experiencias en campo y trabajos ya ejecutados por LUZ DEL SUR S.A.A., ENEL DISTRIBUCIONES S.A.C, CALIDDA, entre otras, se advierte que los trabajos de canalización realizados en el límite de la proyección de la copa del individuo arbóreo o inclusive un tanto por debajo de estas, no han afectado en gran medida al sistema radicular de los mismos, por lo que se considera que si las obras se desarrollan respetando y aplicando labores manuales de excavación, el riesgo de generarse algún daño será poco probable, siendo este un supuesto excepcional y que no es de aplicación de manera general a todos los proyectos, debiéndose antes, evaluar la magnitud y/o alcance de las obras para establecer si se aplica la referida excepción a la regla general.		
<p>EAA/PCR_eat</p> <hr/> <p style="text-align: center;">GERENCIA DE SERVICIOS A LA CIUDAD Y GESTION AMBIENTAL Subgerencia de Gestión Ambiental Jiron Conde de Superunda N° 169 4to piso- Cercado de Lima Teléfono 632-1781 Anexo:1781</p>		

- Teniendo en cuenta ello, la subgerencia a mi cargo ha considerado la posibilidad de establecer un supuesto de aplicación excepcional, con la finalidad que los proyectos no se vean paralizados y se ejecuten de acuerdo a su programación preestablecida.
- En ese sentido si las obras presentan un trazo que pasa por el límite de la proyección de la copa de los individuos arbóreos y/o se encuentran un tanto por debajo de esta (a una distancia moderada en relación a la base del fuste), no existiendo otra alternativa para la modificación de la trayectoria de los trabajos a realizarse (apertura de zanja), la persona jurídica que ejecute la misma necesariamente deberá comprometerse a efectuar trabajos manuales¹ sobre ese sector, adscrito en una carta a fin de garantizar la permanencia en el tiempo y el buen estado estructural de los árboles, para efectos de que esta subgerencia pueda emitir una opinión técnica favorable.

Atentamente,



GERENCIA DE SERVICIOS A LA CIUDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL
SUBGERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL
ELVIRA AVILA ASCARRUZ
SUBGERENTE

¹ a. Trabajos manuales en el desarrollo del procedimiento de ejecución de zanjas para minimizar el daño al sistema radicular de los individuos arbóreos

b. Una vez abiertas las zanjas se deberá efectuar cortes limpios a las raíces afectadas, usándose herramientas apropiadas como tijeras de podar, tijeras pico de loro y/o sierras a fin de no dejar raíces desgarradas.

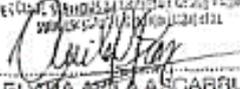
c. Una vez efectuado el corte limpio de las raíces se deberá aplicar productos cicatrizantes que ayuden a curar el daño producto del corte y a evitar el ingreso de patógenos.

d. Al momento del cierre de la zanja se deberá incorporar en el perímetro de la misma un sustrato apropiado que facilite el desarrollo de nuevas raíces, siendo el compost o tierra preparada (tierra de chacra más arena de río, más compost más musgo) dos de los sustratos posibles de uso.

EAA/PCR_eat

- Teniendo en cuenta ello, la subgerencia a mi cargo ha considerado la posibilidad de establecer un supuesto de aplicación excepcional, con la finalidad que los proyectos no se vean paralizados y se ejecuten de acuerdo a su programación preestablecida.
- En ese sentido si las obras presentan un trazo que pasa por el límite de la proyección de la copa de los individuos arbóreos y/o se encuentran un tanto por debajo de esta (a una distancia moderada en relación a la base del fuste), no existiendo otra alternativa para la modificación de la trayectoria de los trabajos a realizarse (apertura de zanja), la persona jurídica que ejecute la misma necesariamente deberá comprometerse a efectuar trabajos manuales¹ sobre ese sector, adscrito en una carta a fin de garantizar la permanencia en el tiempo y el buen estado estructural de los árboles, para efectos de que esta subgerencia pueda emitir una opinión técnica favorable.

Atentamente,



ELVIRA LARREA ASCARRUZ
SUBGERENTE

¹ a. Trabajos manuales en el desarrollo del procedimiento de ejecución de zanjas para minimizar el daño al sistema radicular de los individuos arbóreos

b. Una vez abiertas las zanjas se deberá efectuar cortes limpios a las raíces afectadas, usándose herramientas apropiadas como tijeras de podar, tijeras pico de loro y/o sierras a fin de no dejar raíces desgarradas.

c. Una vez efectuado el corte limpio de las raíces se deberá aplicar productos cicatrizantes que ayuden a curar el daño producido del corte y a evitar el ingreso de patógenos.

d. Al momento del cierre de la zanja se deberá incorporar en el perímetro de la misma un sustrato apropiado que facilite el desarrollo de nuevas raíces, siendo el compost o tierra preparada (tierra de chaca más arena de río, más compost más muej) dos de los sustratos posibles de uso.

EAAPCR_est

Anexo N° 4: Cuadro de Infracciones y Sanciones Administrativas (CISA) (Fuente: Ordenanza N° 2200-MML, 2019).

7.4 ÁREAS VERDES Y ARBOLADO URBANO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA INFRACCIÓN	MULTA EN PROPORCIÓN A LA UIT VIGENTE	MEDIDA CORRECTIVA	GRADUALIDAD
07-0401	Por no cumplir con presentar el Plan de Manejo de Gestión de Áreas Verdes en el plazo establecido, a la Municipalidad Metropolitana de Lima.	1,00		G
07-0402	Por no cumplir con presentar el inventario distrital de áreas verdes, en el plazo establecido, a la Municipalidad Metropolitana de Lima.	1,00		G
07-0403	Por incumplir los lineamientos técnicos para el diseño, instalación, manejo y arbolado urbano y vegetación.	0,50	Paralización	L
07-0404	Por reducir las áreas verdes de uso público y/o arbolado urbano, con infraestructura que no es afín con la recreación.	3,00	Demolición	MG
07-0405	Por el uso de infraestructura construida en áreas verdes de uso público que excede el porcentaje máximo de la zona de recreación activa y/o afectando la zonificación de los usos del suelo.	2,00	Clausura por treinta (30) días y Demolición.	MG
07-0406	Por realizar actividades de caza, pastoreo, fogatas, recreación activa y otros en áreas verdes de uso público que impliquen riesgos para su conservación o que afecten directamente la vegetación arbórea existente o que puedan inutilizar partes de un árbol o afectar su crecimiento.	1,00	Paralización	G
07-0407	Por quemar o prender fuego a áreas verdes de uso público.	2,00		MG
07-0408	Por realizar excavaciones o edificar cualquier tipo de estructura, vivienda, etc., sobre áreas verdes de uso público.	3,00	Paralización y/o Demolición	MG
07-0409	Por verter, depositar o enterrar residuos sólidos (orgánico e inorgánicos) o líquidos químicos no tóxicos en áreas verdes de uso público.	1,00		G
07-0410	Por verter, depositar o enterrar residuos sólidos (orgánicos o inorgánicos) o líquidos químicos tóxicos en áreas verdes de uso público.	4,00		MG
07-0411	Por depositar y acumular en áreas verdes de uso público, hojarascas, troncos y otros elementos vegetales, fuera de las zonas autorizadas.	0,25	Paralización y/o Retiro	L
07-0412	Por realizar afectaciones a la zonificación o régimen de uso de las áreas verdes públicas sin opinión favorable de la Municipalidad Metropolitana de Lima.	5,00	Paralización	MG
07-0413	Por no proteger de forma adecuada el arbolado de los espacios verdes afectados por obras o no guardar las distancias reglamentarias a los árboles o arbustos en la apertura de zanjas o excavaciones.	2,00	Restitución y/o Adecuación.	MG
07-0414	Por descortezar, estrangular, colocar clavos o tornillos o perforar de alguna forma el tallo o tronco del árbol, por dañar, pintar y colocar carteles, sistemas de iluminación o estructuras extrañas sobre el tronco o tallo o ramas del árbol sin autorización.	0.50 (Por árbol)	Paralización y/o Retiro	L
07-0415	Por utilizar como letrina pública los árboles.	0,50		L
07-0416	Por quemar con fuego u otros medios de manera parcial o total una especie vegetal de porte arbóreo o arbustivo.	3.00 (Por individuo de porte arbóreo) 0.5 (Por arbusto)	Restitución.	MG
07-0417	Por provocar directa o indirectamente, excepto en el caso de siniestros, el vuelco o caída o daño severo, que comprometa la supervivencia del árbol.	5.00 (Por árbol)	Restitución.	MG
07-0418	Por realizar poda severa sin Autorización Municipal.	3.00 (Por árbol)	Restitución.	MG
07-0419	Por talar un árbol sin la Autorización Municipal.	5.00 (Por árbol)	Restitución.	MG
07-0420	Por trasladar o reubicar un árbol sin la Autorización Municipal correspondiente.	3.00 (Por árbol)	Restitución.	MG
07-0421	Por incumplir la compensación por tala, traslado o reubicación de arbolado urbano.	1.00 (Por árbol)		G
07-0422	Por incumplir la compensación por daño de áreas verdes.	2,00		MG
07-0423	Por quemar a cielo abierto material vegetal de desechos o malezas.	1,00		G
07-0424	Por no garantizar las condiciones de seguridad necesarias para la protección de los trabajadores de áreas verdes pública en labores de alto riesgo.	3,00	Paralización	MG
07-0425	Por realizar cualquier tipo de eventos con o sin fines de lucro (incluye actividades deportivas o recreativas) sobre las áreas verdes de uso público, sin contar con la debida Autorización Municipal.	1,00	Cancelación.	G
07-0426	Por dañar, modificar y/o eliminar las áreas verdes.	2,00	Restitución	MG

Anexo N° 5: Ficha de supervisión y control del Plan de Protección y Conservación de las áreas verdes durante la etapa de ejecución de obras (Fuente: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Cataluña, 2000).

B. CONTROL DE EJECUCIÓN		
Está previsto	Paso de maquinaria	<input type="checkbox"/>
	Movimientos de tierra	<input type="checkbox"/>
	Apertura de zanjas y otras excavaciones	<input type="checkbox"/>
	Construir en la zona de raíces	<input type="checkbox"/>
	Plantar debajo de los árboles	<input type="checkbox"/>
	Modificar el nivel freático	<input type="checkbox"/>
	Producir contaminación química	<input type="checkbox"/>
	Encender fuego	<input type="checkbox"/>
	Modificar el entorno de los árboles	<input type="checkbox"/>
Se ha señalizado antes del inicio de la obra	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se ha informado a los trabajadores	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han aplicado las medidas de protección antes de la entrada de maquinaria	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
El apeo y el trasplante de los árboles se ha producido antes de empezar los trabajos	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
El mantenimiento de los árboles acopiados está garantizado	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Las protecciones de las áreas y las individuales son las previstas	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Están situadas a la distancia adecuada	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han tomado medidas de protección de la zona de raíces	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han respetado las raíces de $\varnothing > 3$ cm	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
La apertura y relleno de zanjas se ha realizado de forma manual	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han protegido las raíces descubiertas contra la desecación	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se ha protegido ante las cargas temporales	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Los vehículos y la maquinaria circulan por la zona delimitada	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
El acopio de materiales se ha realizado en las zonas establecidas	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se ha respetado la distancia de seguridad al encender fuego	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

Anexo Nº 6: Ficha de control y certificación del Plan de Protección y Conservación de las áreas verdes en la etapa post – construcción o final de la obra (Fuente: Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Cataluña, 2000).

C. CONTROL DE CERTIFICACIÓN		
Se ha respetado el plan de protección	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se ha respetado el proyecto	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
La señalización ha sido la correcta	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han respetado todos los árboles previstos	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han trasplantado todos los árboles previstos	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han eliminado todos los árboles previstos	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han invadido las áreas de vegetación	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se observan daños en las protecciones	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se observan daños en la corteza de los árboles	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se observan daños en el cuello de la raíz	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se observan raíces cortadas	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se observan ramas rotas	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se observan ramas mal podadas	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Los cortes de raíces son limpios y rectos	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se observa compactación del suelo	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han vertido líquidos en las zonas de raíces	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han retirado los restos de la obra	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han retirado todas las protecciones	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Se han practicado todas las medidas adicionales previstas	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Observaciones:		