



EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LOS CEDROS DEL PASEO RAMÓN Y CAJAL

Ayuntamiento de Huesca

julio 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	Página 3
2. EVALUACIÓN DE RIESGO	Página 6
3. METODOLOGIA	Página 7
4. PASEO RAMÓN Y CAJAL	Página 11
5. ESPECIE.....	Página 12
6. EJEMPLAR	Página 14
7. RESULTADOS	Página 16
8. CONCLUSIONES.....	Página 18
9. BIBLIOGRAFIA	Página 20

1. INTRODUCCIÓN

1.1. **Ámbito**

El objeto de este trabajo son los veintidós ejemplares de cedro, *Cedrus deodara*, del Paseo Ramón y Cajal de Huesca. Además hay un cedro sin numerar que también se ha valorado.

1.2. **Motivo del estudio**

En los dos últimos años se han producido dos incidentes en el primer ejemplar del Paseo desde Ronda Agustinos que han motivado la evaluación del riesgo del ejemplar y del resto de cedros del Paseo.



Vista del primer tramo con el ejemplar que ha sufrido los incidentes.

1.3. **Finalidad**

Tomar las medidas adecuadas y destinar los recursos necesarios, para evitar peligros a la ciudadanía y gestionar el patrimonio en el tiempo.



Vista del Paseo Ramón y Cajal desde la rotonda del río Isuela

1.4. Objetivos

1. Conocer el estado actual de cada ejemplar.
2. Valorar el riesgo asociado a cada ejemplar.
3. Establecer las actuaciones más adecuadas.

1.5. Plano de situación

A continuación se adjunta el plano de situación con el código de cada ejemplar según el inventario del Ayuntamiento de Huesca.



2. EVALUACIÓN DE RIESGO

La Evaluación es un proceso sistemático de análisis y valoración del potencial de caída de un árbol o una parte de él y la probabilidad de producir daños en personas o bienes. (J. Clark and N. Matheny)

Componentes de la Evaluación

La evaluación debe contemplar tres componentes:

1. El árbol, con potencial de caída.
2. El entorno, que puede contribuir al accidente.
3. La diana, o área de impacto potencial (personas o bienes).

Potencial de fallo

La probabilidad de que se produzca un fallo por fractura de una parte del árbol y la probabilidad de vuelco del árbol entero.

Riesgo de accidente o nivel de peligrosidad

Un riesgo de accidente asociado a un árbol, existe sólo si hay un potencial de fallo del árbol y la probabilidad de generar un daño.

Riesgo de accidente = probabilidad de fallo x consecuencia

Métodos de Evaluación

La base de la Evaluación es el conocimiento del árbol que mejora con los avances de la ciencia. Desde los años 90 se han desarrollado distintos métodos de evaluación del riesgo potencial del arbolado en distintas partes del mundo.

- **Método ISA** (J. Clark y N. Matheny, 1991) o USA, es el método más difundido y usado en Estados Unidos.
- **Método VTA** (Mattheck y Breloer, 1994), el más usado en Europa y se basa en los principios de la Biomecánica arbórea.
- **Métodos SIA y SIM** (Wessolly, 1995), se basan en la Estática de los árboles o Dendroestática.
- **Método QTRA** (Mike Ellison, 2005), es un procedimiento que permite estimar el nivel de peligrosidad de un árbol o evaluar el riesgo de producir un daño calculando la probabilidad resultante del producto de la probabilidad de fallo por la probabilidad de que se produzca el impacto.

También hay que citar otros métodos que han contribuido a la Evaluación de riesgo del arbolado como el Método ARCHI (C. Drénou, M. Bouvier, J. Lemaire, CNPF-IDF, 2011), que permite entender las estrategias de supervivencia de los árboles y estimar sus perspectivas futuras a partir de la observación de su arquitectura.

Instrumentos

Los instrumentos son complementos de la diagnosis y en la mayoría de los protocolos de evaluación de riesgo no son necesarios. Los resultados de los instrumentos nunca son concluyentes por sí mismos y deben evitarse los instrumentos que perjudican al ejemplar.

3. METODOLOGIA

La metodología empleada no responde a un único método de los descritos en el apartado anterior, en ella hemos incorporado los aspectos más esenciales de todos ellos.

IDENTIFICACIÓN

Número ID: código de identificación del ejemplar establecido por el inventario del Ayuntamiento.

Especie: Nombre científico de la especie arbórea.

Perímetro: Perímetro del tronco en centímetros a 1,30 m. del suelo.

Altura: Altura total del árbol en metros.

Diámetro: Anchura máxima de la copa del árbol en metros.

ESTADO

Vegetación

Este parámetro nos da una medida de la capacidad fotosintética respecto al volumen total del árbol, es decir, la capacidad de captación de energía respecto al consumo. Trabajaremos con 4 niveles: Normal, Medio, Bajo y Muy Bajo

Vitalidad

Bajo vitalidad se entiende fuerza de vivir, que en términos arbóreos sería sinónimo de potencia de crecimiento. Dado que la potencia de crecimiento se refleja en el brote anual, este debe ser un indicador de su vitalidad.

Está asociada a las reservas del árbol y a su balance funcional y podemos evaluarla teniendo en cuenta, la longitud, la verticalidad, la densidad y la distribución de los brotes jóvenes.

Según sean sus características, al árbol se le asigna un valor de vitalidad: Alta, Media, Baja, Muy baja.

Alta

Tanto el eje principal como los laterales constan de brotes largos y se puede observar claramente el crecimiento escalonado hasta el interior de la copa. Suele ser una copa harmónica y cerrada, sin huecos visibles. Gracias a la buena ramificación, el espacio aéreo queda totalmente cubierto sin dejar transparencia de la copa.

Media

Serían aquellos árboles debilitados y con brotes en la fase de degeneración. En las copas de estos árboles se observan brotes que emergen por entre la periferia de la copa como cepillos. Suelen estar tupidos de hojas en las terminaciones de los brotes cortos. Aspecto de la copa irregular, entrecortada, los espacios aéreos no quedan cubiertos como una unidad. La copa que queda por debajo aún presenta un aspecto bueno, tanto de ramificación como de foliación dado que aún proviene de épocas buenas. La copa pierde su estructura harmónica dado que se incrementa el número de ramas que sobresalen de la copa densa que queda por debajo.

Baja

Los árboles dañados considerablemente y con poca vitalidad entran en esta categoría de vitalidad. Sus brotes apicales dejan de ser largos, iniciándose una competencia con los brotes laterales que intentan acceder a la luz. Estos brotes laterales son débiles y rompen fácilmente. La copa se va aclarando de dentro hacia

fuera, ya que el árbol elimina ramas internas cuya capacidad fotosintética es mínima.

Muy Baja

En esta fase la copa decae considerablemente con la pérdida de ramas secundarias o incluso muerte de gran parte de la copa. Las yemas apicales se encuentran en fase de resignación y la copa del árbol pasa a estar formada por copas secundarias que dan un aspecto irregular y esquelético.

BIOMECÁNICA

Alteraciones

Este apartado contempla cualquiera tipo de anomalía de la estructura del árbol y en la geometría de sus ejes y se especifica para cada parte del árbol siguiendo un proceso ascendente. Base, Tronco y Copa.

Dependiendo de su gravedad, establecemos cuatro valores: leves, significativas, graves y muy graves y se expresa gráficamente a la tabla con números 1 (leves), 2 (significativos), 3 (graves) y 4 (muy graves).

La importancia de estas anomalías depende de las características y de la magnitud, pero también del punto donde se sitúan en el árbol. Así, son más importantes si se encuentran en el cuello o en la cruz.

Gravedad

La alteración más grave observada en alguna parte de la estructura del árbol que lleve asociado un defecto que pueda repercutir en su estabilidad determina la gravedad resultante y trabajaremos con valores numéricos:

1 (leves), 2 (significativos), 3 (graves) y 4 (muy graves).

Por ejemplo, si en un ejemplar hay defectos significativos (2) en base y tronco, pero hay defectos graves (3) en copa. La gravedad será de 3.

Defectos

Descripción sintética y abreviada de las alteraciones más importantes que pueden afectar a la estabilidad del ejemplar.

ESTÁTICA

Carga

Superficie de resistencia al viento que depende de las dimensiones de la copa
Trabajamos con tres niveles cualitativos:

1, medidas pequeñas

3, medidas grandes y ejemplares

2, el resto de casos no incluidos en 1 y 3.

Exposición

La exposición al viento del ejemplar que depende de las condiciones del entorno y su ubicación.

Tenemos tres opciones:

1, protegido

3, expuesto

2, el resto de casos no incluidos en 1 y 3.

Palanca

Medida del efecto palanca de la copa del árbol y de las ramas o brazos (reiterados). Es decir, se trata de estimar el factor de oscilación o factor de resonancia de la estructura arbórea. Cuando más distancia entre el centro de carga y la base, las oscilaciones tendrán más longitud de onda y por lo tanto menos frecuencia.

Estimamos tres opciones.

- 1, no hay brazos de palanca largos, la estructura es muy ramificada.
- 3, hay brazos de palanca largos solo ramificados en el extremo, a nivel de tronco/copa o en brazos concretos.
- 2, el resto de casos no incluidos en 1 y 3.

Excentricidad

Medida de la desviación del centro geométrico del árbol y su centro de gravedad.

- 1, si no hay desviación o es poco apreciable.
- 3, desviación muy pronunciada, puede ser por inclinación o por desequilibrio.
- 2, el resto de casos no incluidos en 1 y 3.

EVALUACIÓN DE RIESGO

Potencial de fallo

Probabilidad que se produzca la fractura y la caída de una parte del árbol, según el estado del árbol y la probabilidad que se produzca el vuelco, es decir, la caída de todo el árbol, según el estado del árbol y las condiciones del suelo.

Establecemos 5 niveles, basados en los datos de referencia propuestos por *Health and Safety Executive* (HSE 2001), a un año vista:

1	muy bajo	1/1.000.000
2	bajo	1/100.000
3	medio	1/10.000
4	alto	1/1.000
5	muy alto	1/100

Para estimar estos valores cogeremos como punto de partida el nivel de gravedad (1, 2, 3, 4) y lo ajustaremos teniendo en cuenta un factor corrector que hemos valorado a partir de los datos de la estática y del historial.

Diana

Frecuencia de uso del área de posible impacto en el caso de fallo.

Establecemos 5 niveles, a partir del cálculo estimado que un transeúnte tarda, de media, 5 segundos en pasar por bajo de un árbol:

1	fortuito	máximo una persona al día	1/17.280
2	ocasional	máximo una persona a la hora	1/720
3	frecuente	aproximadamente 10 personas hora	1/72
4	muy frecuente	más de 10 personas y menos de 36	1/20
5	constante	más de 36 personas a la hora	1/1

Por ejemplo, una persona al día supone 5/86.400 según corresponde a una probabilidad de 1/17.280.

Riesgo de accidente

El nivel de peligrosidad de un árbol es equivalente al riesgo de accidente asociado al mismo y lo podemos estimar con el producto del potencial de fallo por la probabilidad de generar un daño (diana).

Riesgo de accidente = potencial de fallo x probabilidad de impacto (diana)

Por lo tanto, una vez hemos estimado el potencial de fallo de un árbol y estimamos la frecuencia de uso del entorno solo hay que hacer una sencilla multiplicación para obtener la probabilidad de que se produzca un accidente.

Para facilitar los cálculos, siempre que la diana tenga un valor de 5 el riesgo de accidente será igual al potencial de fallo y si la diana es 4 el valor resultante es un número menos al de partida. Es decir, un potencial de fallo de 5 en una diana de 4 da una probabilidad de accidente de 4.

Con los datos resultantes establecemos los 5 siguientes niveles:

1	muy bajo	aceptable	1/1.000.000
2	bajo	zona tolerable	1/100.000
3	medio	límite de tolerancia	1/10.000
4	alto	límite inaceptable	1/1.000
5	muy alto	inaceptable	1/100

El nivel 1 corresponde a la zona aceptable, los niveles 2 y 3 se encuentran dentro de la zona de tolerancia, el nivel 4 está por encima del límite de tolerancia y el nivel 5 es inaceptable en cualquiera circunstancia.

ACTUACIONES

En este apartado se contemplan las actuaciones necesarias para disminuir el nivel de peligrosidad del árbol, mejorar sus condiciones de vida o si es necesario eliminar el ejemplar. Describimos las más frecuentes:

Podar: indica la necesidad de trabajos de poda como eliminar ramas secas o hacer actuaciones específicas como pueden ser eliminar o descargar ramas o equilibrar la copa.

Reformar: se trata de una actuación extraordinaria que solo se recomienda determinados casos y que supone una poda de reducción para corregir errores originados por podas anteriores.

Otros: actuaciones en el suelo, en el riego y en el entorno del ejemplar.

Abatir: cuando no hay una otra solución se propone la tala del ejemplar.

Mantener: no se necesitan más actuaciones que las ordinarias del mantenimiento.

4. PASEO RAMÓN Y CAJAL

4.1. Historial

- **El Paseo:** La redacción del proyecto es del 1956 y la recepción de obra del 1962. Probablemente ha habido reformas posteriores, pero en el momento de redacción de este informe no se disponen de las fechas. Recientemente, en el 2014, se realizó una pequeña intervención alrededor del cedro que motiva este estudio, retranqueo del parterre, encintado de bordillo y colocación de la solera de la parada bus adyacente.
- **Edad estimada del arbolado:** aproximadamente unos 60 años.
- **Incidentes:** a lo largo de los años se han ido talando ejemplares y ha habido algunas caídas de ramas, en el 2015 el árbol 19 y el 8 provocaron incidentes y en el junio del 2016 este mismo ejemplar volvió a causar problemas.

4.2. Entorno

- **Terreno:** paseo pavimentado con parterres.
- **Riego:** no hay riego en los parterres.
- **Exposición al viento:** los vientos dominantes acostumbra a venir del lado oeste, los ejemplares más expuestos son los de los inicios de tramo.



Vista general de la calle

4.3. Diana

Al tratarse de un espacio público muy frecuentado y con elevada tasa de permanencia en mercados y en las terrazas de los bares, debemos aplicar el nivel de diana más alto.

5. ESPECIE

El cedro del Himalaya, *Cedrus deodara*, es originario de la zona oeste del Himalaya. Es una conífera de porte cónico que puede alcanzar 50 o 60 metros de altura, pero en el medio urbano raramente supera los 30/40 m.

Esta especie responde estructuralmente al Modelo de MASSART que se caracteriza por presentar un tronco vertical, una ramificación rítmica y la floración lateral. Generalmente los árboles de este modelo mantienen la misma unidad arquitectural a lo largo de su desarrollo, es decir, se trata de árboles unitarios en los que los complejos reiterados no forman parte de su patrón de crecimiento. Las ramas son más o menos horizontales y se agrupan en verticilos formando pisos. Si se observan ejes que surgen del tronco pero que no tienen la disposición verticilada y que son más o menos verticales se trata de suplentes (en fruticultura se denominan chupones), reiterados oportunistas que surgen como respuesta de un traumatismo o de un cambio en el entorno.



Vista lateral i aérea de la estructura del cedro

Estas especies no toleran la poda y en el caso de intervenir se debe eliminar el eje entero. Si despuntamos potenciamos la formación de suplentes o que se seque todo el eje.

En cuanto a su comportamiento estático (ver tabla de la página siguiente), la madera verde del cedro presentan valores medios en cuanto a flexibilidad y bajos en la resistencia a la compresión, lo que supone una cierta fragilidad a la carga del viento y a la gravedad.

Catálogo Stuttgart de la resistencia de la madera verde (Wessolly and Erb 1998)

Especie	E-mod en kN/cm ²	Fuerza de compresión en kN/cm ²	Límite de elasticidad en %	Valor Cw propuesto
<i>Abies alba</i>	950	1.5	0.16	0.20
<i>Acer pseudoplatanus</i>	850	2.5	0.29	0.25
<i>Acer negundo</i>	560	2	0.36	0.25
<i>Acer campestre</i>	600	2.55	0.43	0.25
<i>Acer saccharinum</i>	600	2	0.33	0.25
<i>Acer sacharum</i>	545	2	0.37	0.25
<i>Aesculus hippocast.</i>	525	1.4	0.27	0.35
<i>Ailanthus altísima</i>	640	1.6	0.25	0.15
<i>Betula pendula</i>	705	2.2	0.31	0.12
<i>Chamaecyparis law.</i>	735	2	0.27	0.20
<i>Cedrus deodara</i>	765	1.5	0.20	0.20
<i>Fagus sylvatica.</i>	850	2.25	0.26	0.25-0.30
<i>Alnus glutinosa</i>	800	2	0.25	0.25
<i>Fraxinus excelsior</i>	625	2.6	0.42	0.20
<i>Picea abies</i>	900	2.1	0.23	0.20
<i>Picea omorika</i>	900	1.6	0.18	0.20
<i>Carpinus betulus</i>	880	1.6	0.18	0.25
<i>Castanea sativa</i>	600	2.5	0.42	0.25
<i>Cercis siliquastrum</i>		1.5		0.20
<i>Larix decidua</i>	535	1.7	0.32	0.15
<i>Liriodendron tulipifera</i>	500	1.7	0.34	0.25
<i>Pinus pinaster</i>	850	1.8	0.21	0.20
<i>Pinus sylvestris</i>	580	1.7	0.29	0.15
<i>Platanus x hybr.</i>	625	2.7	0.43	0.25
<i>Populus x canescens</i>	605	2	0.33	0.2-0.25
<i>Populus nigra 'Italica'</i>	680	1.6	0.24	0.30
<i>Populus nigra</i>	652	2	0.31	0.2
<i>Populus alba</i>	640	2	0.31	0.2
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1000	2	0.20	0.20
<i>Pyrus communis</i>	580	1.7	0.29	0.30
<i>Quercus robur</i>	690	2.8	0.41	0.25
<i>Quercus rubra</i>	720	2	0.28	0.25
<i>Robinia pseudoacacia</i>	705	2	0.28	0.15
<i>Robinia monophy.</i>	520	2	0.38	0.15 - 0.20
<i>Salís alba</i>	775	1.6	0.21	0.20
<i>Salís alba 'Tristis'</i>	700	1.6	0.23	0.20
<i>Sequoiadendron gig.</i>	455	1.8	0.40	0.20
<i>Sophora japónica</i>	645	2	0.31	0.15
<i>Sorbus aria</i>	600	1.6	0.27	0.25
<i>Tilia x hollandica</i>	450	1.7	0.38	0.25
<i>Tilia euchlora</i>	700	1.75	0.25	0.25
<i>Tilia tomentosa</i>	835	2	0.24	0.25 - 0.30
<i>Tilia platiphyllous</i>	800	2	0.25	0.25
<i>Tilia cordata</i>	830	2	0.24	0.25
<i>Ulmus glabra</i>	570	2	0.35	0.25

6. EJEMPLAR

IDENTIFICACIÓN

ID: 8

Especie: *Cedrus deodara*

Perímetro tronco: 222 cm.

Altura: 22 m.

Diámetro máximo copa C_1 : 15 m.

ANTECEDENTES

Han caído diversas ramas (suplentes) en los dos últimos años. Una el 18/8/2015 y otra el 4/6/2016.

En el 2014 se realizaron obras en su entorno que afectaron a las condiciones de vida de sus raíces.

ESTADO

Vitalidad: media

Vegetación: media

BIOMECÁNICA

Alteraciones en la base: graves

Alteraciones en el tronco: significativas

Alteraciones en la copa: graves

Síntomas y defectos:

En la base las obras recientes han afectado directa o indirectamente al sistema radicular y se aprecia una abertura en el nuevo bordillo del parterre.

En la copa se observan muchos suplentes con madera de reacción indicando exceso de carga.

Gravedad de los defectos: graves



ESTÁTICA

Como hemos comentado en el apartado anterior se trata de una especie con una cierta fragilidad de la madera verde.

Por su tamaño presenta una resistencia a la carga del viento alta y su exposición la podemos valorar como expuesta. Algunos suplentes presentan brazos de palanca considerables pero la estructura de la copa está más o menos equilibrada.

EVALUACIÓN DEL RIESGO

Dada la gravedad de los defectos y los factores agravantes de la estática se valora el potencial de fallo en el nivel 4 (de los 5 valores) con una probabilidad del 1/1.000.

Al tratarse de un espacio público muy frecuentado y con elevada tasa de permanencia como ya hemos comentado en el apartado 4.3. le corresponde una diana máxima 1/1.

Por lo tanto el producto del potencial de fallo por la diana nos da una probabilidad de 1/1.000 que corresponde a un nivel de riesgo de accidente por encima del límite de tolerancia (1/10.000) y por lo tanto inaceptable.

Al tratarse de una especie que no admite poda, excepto la eliminación de los ejes enteros y considerando que la mayoría de ejes presentan síntomas de exceso de carga, solamente nos queda la opción de la tala.

CAUSAS

La situación actual es el resultado de diversas causas, podemos hablar de las causas remotas y de las causas recientes.

Como hemos explicado en el capítulo 5, esta especie se caracteriza por tener una misma estructura a lo largo de su desarrollo. Sin embargo si hay traumatismos o cambios bruscos de condiciones de vida aparecen unos nuevos ejes de emergencia que no siguen las pautas de crecimiento de las ramas y que pueden tener exceso de carga. Esto ocurrió hace muchos años cuando se realizó la reforma de este viario y se afectaron a sus raíces.

Sin embargo, el árbol con los años ha ido compensando la carga añadiendo madera en la cara inferior de los nuevos ejes para evitar la fractura. Esta madera se llama madera de reacción y en coníferas es frecuente que sea en el lado de la compresión y es visible porque presenta una corteza de distinto color y aspecto.

Hasta hace pocos años la estabilidad de este ejemplar se mantenía dentro de un cierto equilibrio inestable, pero debido a la afectación asociada a las obras realizadas en su entorno en el 2014 se dieron las condiciones desencadenantes de los incidentes sufridos.

Para terminar y teniendo en cuenta que en los dos casos la caída se ha producido en verano o próximo a él, puede darse la circunstancia que también haya intervenido un fenómeno conocido como *Summer Branch Drop* (SBD) que describe el fallo de ramas en los días caluroso y en ausencia de viento. Generalmente se produce en árboles maduros, en periodo veraniego y sin un defecto obvio. Hay algunos géneros de árboles que son más susceptibles y entre ellos está el género *Cedrus*. No hay consenso sobre las



causas del SBD pero todo parece indicar que está en relación con la temperatura y el comportamiento de la madera.

7. RESULTADOS

TABLA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DEL ARBOLADO																				
IDENTIFICACION			ESTADO		BIOMECANICA						ESTATICA				EVALUACION					
ID	Perímetro	Altura	Diámetro	Vegetación	Vitalidad	Alteraciones			Gravedad	Defectos	Carga	Exposición	Palanca	Excentricid	Corrector	Riesgo			Actuaciones	Recomendaciones
						Base	Tronco	Copa								Potencial	Diana	Accidente		
8	222	22	15	M	M	3	2	3	3	levantamiento base/ caída rm/ suplentes con madera r	3	3	3	2	1	4	5	4	TALA	
43	153	18	14	B	B	2	2	2	2		3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	
46	188	18	12	B	B	2	2	3	3	desq. copa/ estr. anómala (p.guia)/ ubicación inad.	3	2	2	3	0	3	5	3	MANTENER	TALA
2	232	22	13	M	M	2	1	3	3	levanta pv + bord/ rm secas/ *ejemplar mayores dim.	3	3	2	2	0	3	5	3	MANTENER	
6	158	17	9	B	B	2	2	2	2	parte apical - veqt./ ubicación inadadecuada	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	
11	205	16	13	M	M	2	2	3	3	desestructura copa	3	2	2	2	0	3	5	3	MANTENER	
19	182	15	14	B	B	2	2	2	2	estructura anómala + rama cortada 2015	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	TALA
27	178	17	12	B	B	2	2	2	2	estructura anómala (doble retranqueo)	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	
48	149	19	11	B	B	2	1	2	2	estructura anómala	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	
65	157	17	14	B	B	2	2	2	2		3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	
69	175	18	14	B	B	2	2	3	3	estructura anómala	3	2	2	2	0	3	5	3	MANTENER	
72	168	19	13	B	M	2	2	3	3	tronco inclinado/ copa desestructurada/desequilibrada	3	2	2	3	0	3	5	3	MANTENER	TALA
23	215	21	15	B	M	2	2	3	3	estructura anómala/abundantes suplentes	3	3	2	2	0	3	5	3	MANTENER	
26	154	22	15	B	B	2	2	2	2	e. anómala/suplentes/ rm cortada/olmo 3,5 m/ubi. inad.	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	TALA
75	175	20	11	B	M	2	2	2	2	levantamiento base/ rm secas/ 4,5 m olmo	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	
45	181	21	11	M	M	2	2	2	2	estructura +/- normal	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	
67	149	19	11	B	B	2	2	2	2	ubicación inadecuada	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	TALA
38	178	18	11	B	B	2	2	3	3	e.anómala/-vegetación p. apical/suplentes mr/ 5m olmo	3	3	2	2	0	3	5	3	MANTENER	
33	170	15	9	M	M	2	2	2	2	algunos suplentes	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	
71	154	16	13	B	M	2	1	2	2	parte apical - vegetación	3	2	2	2	0	2	5	2	MANTENER	
SN	108	16	10	B	B	2	1	2	2	%vegetación muy baja/guia curvada/4m 71(ubica. ind.)	3	2	3	2	0	2	5	2	MANTENER	TALA
77	210	21	12	B	M	2	2	3	3	levantamiento base/ algunos suplentes mr	3	2	2	2	0	3	5	3	MANTENER	

DIMENSIONES

Perímetro de tronco: de promedio 180 cm. (2 es el ejemplar de mayor medida)

Altura: la media es de 19 m pero hay varios ejemplares que superan los 20 m.

Diámetro máximo de copa: se encuentra alrededor de los 12 m.

ESTADO

Vegetación: la mayoría (77%) presenta bajo porcentaje de vegetación respecto al volumen del árbol.

Vitalidad: casi la mitad de los ejemplares presentan síntomas asociados a la vitalidad bajos.

BIOMECÁNICA

Base: la mayoría presentan síntomas significativos, sólo el 8 grave

Tronco: la mayoría entre leves y significativos

Copa: hay un 40 % de casos con síntomas graves

Síntomas y defectos: los defectos más frecuentes se sitúan en la copa y responden a estructuras anómalas, a la presencia de suplentes y algunas ramas secas. Se observa en diversos ejemplares que la parte apical presenta menos vegetación y con síntomas de vitalidad más baja.

Gravedad: 9 ejemplares presentan defectos graves

ESTÁTICA

Carga: por las dimensiones se consideran todos altos

Exposición: solamente se han valorado como expuestos los primeros de cada tramo contando desde el oeste (dirección del viento dominante)

Palanca: la mayoría de los ejemplares presentan valores medios, solamente 2 se han valorado como altos

Excentricidad: el ejemplar 72 presenta el tronco inclinado y la copa desequilibrada hacia el lado de la inclinación

Corrector: en el momento de la diagnosis solamente se ha considerado el ejemplar 8 con razones suficientes para incrementar un nivel al valor de la gravedad para obtener el potencial de fallo. De todas formas hay diversos ejemplares que en el caso de modificar sus condiciones de vida deberíamos incrementar el potencial de fallo.

EVALUACIÓN DEL RIESGO

Potencial de fallo: 13 con una probabilidad 1/100.000, 8 de 1/10.000 i 1 de 1/1.000

Diana: hemos considerado diana máxima 1/1 en todos los casos

Riesgo de accidente: si realizamos el producto de probabilidades nos da el siguiente resultado, 13 en el segmento bajo de la zona tolerable con una probabilidad 1/100.000, 8 en el segmento alto de la zona tolerable con 1/10.000 i uno por encima del límite de tolerancia al riesgo con 1/1.000.

ACTUACIONES

En primer lugar atendiendo al riesgo de accidente hemos valorado todos los ejemplares y solamente uno (el número 8) precisa una actuación inmediata. Al tratarse de un cedro y al tener alterado su sistema de anclaje prescribimos su tala.

En segundo lugar, hay seis ejemplares que aunque en el momento de la evaluación no han dado valores de riesgo por encima del nivel de tolerancia no presentan buenas perspectivas de futuro por diversos motivos (estado/ubicación) y recomendamos prever su tala. Recomendamos realizar una revisión y limpieza de ramas secas en todos los ejemplares a mantener.

8. CONCLUSIONES

1. Los cedros del Paseo Ramón y Cajal representan un patrimonio arbóreo considerable por sus dimensiones. No obstante, a lo largo de los años se han producido diversas afectaciones que han disminuido su valor patrimonial.
2. En primer lugar la primitiva plantación presentaba marcos de plantación claramente insuficientes para esta especie. Lo que ha motivado que muchos ejemplares no se hayan podido desarrollar adecuadamente por competencia de sus vecinos. De hecho, el inventario actual es significativamente inferior al original porque se han ido cortado ejemplares.
3. Por otro lado, durante unas obras de reforma del Paseo se afectaron las raíces de la mayoría de los ejemplares que provocó una alteración de su estructura aérea apareciendo muchos ejes de emergencia (suplentes) y en algunos casos una caída primaria como lo atestiguan algunos levantamientos de base o algunas inclinaciones.
4. Durante muchos años los árboles han usado su capacidad de resiliencia para sobreponerse a los traumatismos y han sobrevivido con sus estructuras alteradas reforzándolas con madera de reacción. Pero no hay que olvidar que se trata de un equilibrio inestable y frágil. Cualquier nuevo cambio, por pequeño que sea, puede ser el detonante que comprometa su estabilidad.
5. De hecho, es lo que ha ocurrido en el ejemplar (8) que se encuentra en la confluencia de la Ronda Agustinos. Este ejemplar presenta indicios de haber sufrido una caída primaria (una inclinación con vuelco parcial) debida a la afectación de sus raíces de anclaje durante unas antiguas obras de reforma de la calle. También presenta abundantes suplentes (reiterados de emergencia) en su copa como respuesta a la pérdida de raíces. Durante mucho tiempo este árbol ha intentado compensar los desequilibrios de su estructura y reforzar los ejes con más carga añadiendo madera de reacción en el lado del soporte (compresión). Hasta hace dos años se mantenía dentro de este frágil equilibrio, pero unas nuevas obras han alterado la situación y la han precipitado hacia una pérdida de estabilidad. Después de las recientes obras (2014) para la colocación de una parada de autobús y que ha supuesto la reforma del parterre se han producido dos incidentes (2015 y 2016) con la caída de ramas de gran tamaño. No se puede asegurar que un hecho sea consecuencia directa del otro, pero sí que hay una relación y que es muy probable que haya actuado como detonante.
6. A lo dicho, hay que añadir que se trata de cedros y que esta especie tiene una madera verde con valores medios en cuanto a flexibilidad y bajos en la resistencia a la compresión, lo que supone una cierta fragilidad a la carga del viento y a la gravedad.
7. También puede haber intervenido el fenómeno conocido como *Summer Branch Drop* (SBD) que describe el fallo de ramas en los días caluroso y en ausencia de viento. Generalmente se produce en árboles maduros, en periodo veraniego y sin un defecto obvio. Hay algunos géneros de árboles que son más susceptibles y el cedro es uno de ellos.

Evaluación del riesgo

Solamente el ejemplar número 8 según el inventario del Ayuntamiento nos ha dado valores por encima del nivel de tolerancia al riesgo.

No obstante el resto de ejemplares se encuentran en una situación similar a la del árbol comprometido antes de la última intervención. Lo que significa que cualquier decisión que pueda afectar al entorno de los árboles puede producir un incremento del riesgo.

Actuaciones

Delante de la elevada probabilidad de riesgo de accidente que presenta el cedro número 8 se prescribe su tala inmediata.

Recomendaciones

Del resto de los ejemplares se recomienda una revisión y limpieza de ramas secas, el control anual por parte de un técnico en arboricultura y prever la tala de seis ejemplares que aunque en el momento de la evaluación no han dado valores de riesgo por encima del nivel de tolerancia no presentan buenas perspectivas de futuro por motivos de estado y/o ubicación.

Si en un futuro se plantea la reforma de este viario se recomienda realizar un nuevo estudio para establecer que ejemplares pueden mantenerse y en qué condiciones.

9. BIBLIOGRAFIA

Brudi, E. *Tree Statics*. ISA Biomechanics Conference, Savannah 2001.

Calaza, P. – Iglesias, M. I. *El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación*. Ediciones Mundi-Prensa. 2016

Calaza, P. – Iglesias, M. I. *Evaluación de riesgo de arbolado peligroso. Principios, indicadores y métodos*. Asociación Española de Arboricultura. 2012

Clark, J. R. – Matheny, N. P. *A Handbook of Hazard Tree Evaluation for Utility Arborists*. International Society of Arboriculture. USA 1993.

Clark, J. R. – Matheny, N. P. *The Evaluation of Hazard Trees in Urban Areas*. 2nd Edition. International Society of Arboriculture. USA 1994.

Dunster, A. *Tree Risk Assessment, Manual*. ISA International Society of Arboriculture. 2013

Lonsdale, D. *Principles of Tree Hazard Assessment and Management*. DETR 1999.

Normas Tecnológicas de Jardinería y Paisajismo. NTJ 15R Parte 1. FUNDACIÓ DE LA JARDINERIA I EL PAISATGE. 2015

Mattheck, C. – Breloer, H. *The body language of trees*. HMSO. 1994.

Raimbault, P. F. *El diagnóstico morfo-fisiológico en la valoración de árboles*. La cultura del árbol 2001, Nº 28 pp. 8 – 16.

Schwarze, F. W. M. R. – Engels, J. – Mattheck, C. *Fungal strategies of wood decay in trees*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg. 2000.

Thomas Smiley, E.- Matheny, N and Lilly S. *Tree Risk Assessment, BMP Best Management Practices*. ISA International Society of Arboriculture. 2011

Wessolly, L. *Fracture Diagnosis of Trees. Part 1: Statics-Integrated Methods-Measurement with Tension Test. The Expert's Method*. Stadt und Grün 1995, Nº 6 pp. 416 - 422.

Wessolly, L. *Fracture Diagnosis of Trees. Part 2: Statics-Integrated Methods-Statically-Integrated Assessment (SIA). The Practitioner's Method of Diagnosis*. Stadt und Grün 1995, Nº 8 pp. 570 - 573.

Wessolly, L. *Fracture Diagnosis of Trees. Part 3: Boring is no way for reliable fracture diagnosis*. Stadt und Grün 1995, Nº 9 pp. 635 - 640.

Wessolly, L. *Explanation of the Tipping Process*. Stadt und Grün 1996, Nº 4 pp. 268 - 272